CONFERENCE SERIES
GEOTECHNIK UND NATURGEFAHREN – Band 2

Robert Hofmann (Hg.)

Tiroler Geotechniktag 2022
Naturgefahren

innsbruck university press

CONFERENCE SERIES

GEOTECHNIK UND NATURGEFAHREN – Band 2

Universität Innsbruck

Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich Geotechnik

innsbruck university press



Robert Hofmann (Hg.)

Tiroler Geotechniktag 2022
Naturgefahren

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.habil. Robert Hofmann
Institut für Infrastruktur, AB Geotechnik, Universität Innsbruck

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Simon Berger
Institut für Infrastruktur, AB Geotechnik, Universität Innsbruck

Universität Innsbruck
1. Auflage

www.uibk.ac.at/iup
Druck: Prime Rate Kft., Budapest
ISBN 978-3-99106-097-0



Arbeitsbereich für
Geotechnik
Univ.-Prof. Dr. Robert Hofmann

16. TIROLER GEOTECHNIKTAG NATURGEFAHREN

am
Freitag, 6. Mai 2022

Inhaltsverzeichnis

Block 2
Bewertung von Historischen Bauwerken
Vorsitz Geschäftsführ. Direktor DI Fabio De Polo

Block 3
Lawinenschutzbauwerke
Vorsitz Dr. Jan-Thomas Fischer

Vorwort

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.habil. Robert Hofmann
Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich für Geotechnik, Universität Innsbruck
robert.hofmann@uibk.ac.at

Auch beim zweiten Tiroler Geotechniktag zum Thema Naturgefahren unter meiner Leitung trafen sich ExpertInnen aus Norwegen, Italien, Deutschland, der Schweiz und Österreich. Der „16. Tiroler Geotechniktag" musste leider auf Grund der COVID-19-Pandemie, in den Jahren 2020 und 2021, abgesagt werden. Die hohen Infektionszahlen in den Wintermonaten veranlassten uns, von unserem über viele Jahre gewohnten Termin im November, auf den Frühling zu wechseln. Allerdings musste die gesamte Veranstaltung 2022 unter Einhaltung der Corona-Verhaltensregeln, den Hygienevorschriften und zudem mit beschränkter Personenanzahl durchgeführt werden. Auf Grund der vielen interessanten Vorträge sowie der renommierten Vorsitzenden, schließlich aber auch die Corona-Beschränkungen, wurde die Veranstaltung überbucht. Dadurch kommt es zu einem neuen Veranstaltungsort 2023, der uns mehr Platz bietet.

Der eindrucksvolle Eröffnungsvortrag 2022 vom Sektionsleiter der Wildbach- und Lawinenverbauung für Tirol, Dipl.-Ing. Gebhard Walter, wurde über das Thema „Wirkungsanalyse von Schutzsystemen in alpinen Einzugsgebieten" gehalten.

Der 1. Vortragsblock mit äußerst informativen Vorträgen stand unter dem Schwerpunkt „Analysen und Beobachtungen nach Ereignissen" und wurde unter dem Vorsitz von Vorsitz ORR Dipl.-Geol. (Univ.) Andreas Koch, Regierungsdirektor der Landesbaudirektion Bayern, präsentiert. Dabei berichtete der Stv. Sektionsleiter der Wildbach- und Lawinenverbauung für Tirol, Dipl.-Ing. Ivo Schreiner, über die Extremereignisse in Tirol und deren Beobachtungen und Analysen. Der zweite Vortrag zu diesem Themenschwerpunkt wurde vom geschäftsführenden Direktor der Wildbachverbauung Südtirol,

Dipl.-Ing. Fabio De Polo, über die Erfahrungen im Bereich Monitoring entlang der Etschdämme in Südtirol gehalten. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johannes Hübl von der BOKU Wien, Institut für Alpine Naturgefahren, erläuterte die Herausforderungen des Wildbach-Monitoring.

Der 2. Halbtagsblock unter dem Vorsitz des geschäftsführenden Direktors der Wildbachverbauung Südtirol, Dipl.-Ing. Fabio De Polo, stand unter dem Blickpunkt „Bewertung von historischen Bauwerken". Zu diesem Themenschwerpunkt wurden beeindruckende Vorträge gestaltet. Mag. Dr. Hans-Jörg Laimer und Dipl.-Ing. Dr. Michael Brauner, ÖBB-Infrastruktur AG, Fachbereich Fahrwegtechnik (Salzburg), berichteten über die Optimierung der Lebensdauer alter Steinschlag- und Lawinenschutzbauwerke durch präventives Instandhaltungsmanagement. Dr.-Ing. Thomas Zumbrunnen, Staatliches Bauamt Traunstein und Dr.rer.nat. Kilian Scharrer, iC consulenten GmbH (Freilassing), stellten die Zustandserfassung und -bewertung von historischen Ingenieurbauwerken im Zuge eines Katastrophenereignisses zur Diskussion. HR Dipl.-Ing. Wolfgang Gasperl, Sektionsleiter Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Oberösterreich erläuterte spektakulär die organisatorische Bewältigung von Großhangbewegungen in Oberösterreich.

Beim vielbeachteten 1. Nachmittagsblock mit dem Titel „Lawinenschutzbauwerke" unter Vorsitz von Dr. Jan-Thomas Fischer, Institutsleiter Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Institut für Naturgefahren (Innsbruck), wurden eindrucksvolle Vorträge von Dipl.-Ing. Siegfried Sauermoser, Dipl.-Ing. Matthias Granig, Wildbach- und Lawinenverbauung, Fachbereich Lawinen (Innsbruck), Dr. Stefan Margreth, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft – WSL, Inst. für Schnee- und Lawinenforschung SLF (Davos Dorf) und Dr. Peter Gauer, Norwegian Geotechnical Institute (Oslo), den Zuhörern präsentiert. Dipl.-Ing. Siegfried Sauermoser stellte seine Dissertation über die Rekonstruktion von historischen Lawinenereignissen im Ersten Weltkrieg vor. Dipl.-Ing. Matthias Granig erläuterte in seinem Beitrag Beobachtungen und Analysen von Lawinenschutzbauwerken nach Ereignissen. Ob sich Lawinenschutzbauwerke im Lawinenwinter 2017/2018 bewährt haben, diskutierte Dr. Stefan Margreth, und Dr. Peter Gauer präsentierte Überlegungen zur Designlawine von Lawinendämmen.

Den Abschluss der Veranstaltung bildete der 2. Nachmittagsblock zum Thema „Beobachtungen und Vorhersagen von Massenbewegungen" unter der Leitung von Univ.-Prof. Mag.rer.nat. Dr.sc.nat. Christian Zangerl, BOKU, Vorstand Institut für Angewandte Geologie. Der Vortrag von Mag. Thomas Figl, DI Johannes Anegg und DI Günter Guglberger, Amt der Tiroler Landesregierung über die Großrutschung im Bereich der Leckgalerie in Obergurgl zeigte eindrucksvoll die unbedingt notwendige Interdisziplinarität bei der Krisenbewältigung von Massenbewegungen auf. Ao. Prof. Dr.[in] Anne Hormes, Ingenieurbüro Sky4geo & The Arctic University of Norway (Tromsø) präsentierte Forschungsergebnisse von Satellitenradar- und Drohnendaten für das Monitoring von Hangdeformationen. Die einheitliche „Klassifizierung von Massenbewegungen und Typisierung sowie Prognosen von Verschiebungsverläufen" bildete den Inhalt des Beitrages von Priv. Doz. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alexander Preh, TU Wien, Forschungsbereich Ingenieurgeologie. Mag.[a] Dr.[in] Daniela Engl, Wildbach- und Lawinenverbauung, Fachbereich Geologie erläuterte die Anatomie und Mechanik der Vögelsberg-Rutschung im Wattental.

Wie die Veranstaltung 2022 aufzeigte, ist die fruchtbare Verbindung der einzelnen Fachgebiete sowie die notwendige Zusammenarbeit der verschiedenen Fachexperten bei den herausfordernden Aufgaben zum Schutz vor Naturgefahren unerlässlich. Der Arbeitsbereich für Geotechnik der Universität Innsbruck stellt sich dieser Herausforderung der interdisziplinären und praxisbezogenen Forschung in Zusammenhang mit Naturgefahren. Unter meiner Leitung des Arbeitsbereichs für Geotechnik wird dies durch laufende Forschungsvorhaben mit Projektpartnern und Kooperationen im In- und Ausland veranschaulicht.

Derzeit laufen Forschungsprojekte unter anderen über

- die Fundierung von Steinschlagschutznetzen,
- den Wasserdruck auf Wildbachsperren,
- den Kriechdruck auf Wildbachsperren,
- das Erosionsverhalten von Dammbaustoffen und Untergrund bei Hochwasserschutzlagen,
- die Einwirkungen auf Schutzbauwerke durch Felslawinen,

- das zeitabhängige Verhalten von biologisch abbaubaren Geokunststoffen,
- das Kriechverhalten von tiefgründigen Massenbewegungen sowie
- die numerische Simulation von Steinschlägen in Kombination mit Felslawinen auf Steinschlagschutznetze.

Die Forschungsschwerpunkte am Arbeitsbereich für Geotechnik werden laufend an die Anforderungen für den Schutz vor Naturgefahren angepasst.

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.habil. Robert Hofmann



Eröffnungsvortrag

Wirkungsanalyse von Schutzsystemen in alpinen Einzugsgebieten

DI Gebhard Walter
Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol
gebhard.walter@die-wildbach.at

---

1 Einleitung

Die Sektion Tirol der Wildbach- und Lawinenverbauung als nachgeordnete Dienststelle des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus betreut mit fünf regionalen Gebietsbauleitungen entsprechend ihres gesetzlichen Auftrages das gesamte Bundesland Tirol im Hinblick auf den Schutz vor Naturgefahren. Das durchschnittliche Investitionsvolumen zur Errichtung von Schutzbauten liegt bei rund € 45 Mio. pro Jahr. Es werden Tirol weit insgesamt ~2200 Wildbacheinzugsgebiete bzw. ~2700 Lawineneinzugsgebiete betreut.

2 Extremereignisse – unangenehme Fakten

Schäden durch extreme Wetterereignisse haben in Österreich in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Die prognostizierte Verschiebung der Niederschläge vom Sommer hin zum Winter und Frühjahr legt allerdings unterschiedliche Konsequenzen nahe. Zunächst ist eine Verlagerung von Trockenheitsproblematiken vom Winter zum Sommer vorauszusehen.

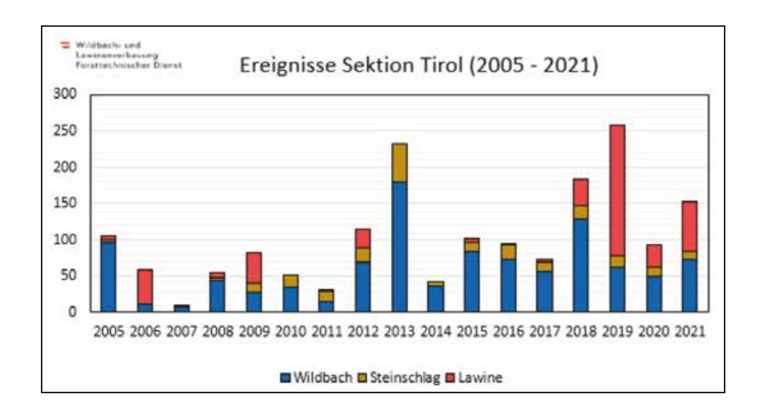


Bild 1, Ereignisse Sektion Tirol (2005 – 2021)

Ebenso könnte das Auftreten von hochwasserrelevanten Schneeschmelzereignissen in diesem Kontext einem Wandel unterliegen. Auch das erwartete stärkere Auftreten von konvektiven Starkniederschlagsereignissen durch die erhöhte Temperatur könnte zu einer verstärkten Aktivität von Massenbewegungen und Bodenerosion führen. Aus diesem Grund ist auch ein verstärktes Auftreten von Sturzfluten und fluvialen Feststoffereignissen bis hin zu Muren zu erwarten. Insgesamt wird sich die Verlagerung von Feststoffen in alpinen Fließgewässern signifikant erhöhen, nicht zuletzt durch das Schmelzen des Permafrostes und das Abschmelzen der Gletscher in den Hochlagen. Ein Anstieg fluvialer Hochwasser lässt sich am ehesten für kleine Einzugsgebiete nachweisen, für die eher konvektive als langanhaltende Ereignisse relevant sind. Fluviale Hochwasser in größeren Einzugsgebieten, die trotz vielfältiger Einflussgrößen in einem relativ klaren positiven Zusammenhang mit extremen Niederschlagsereignissen stehen, haben in den letzten Jahren in Österreich tendenziell zugenommen. Die dynamische Erschließung und Siedlungsentwicklung im alpinen Raum erhöht weiterhin die gesellschaftliche Verletzlichkeit für Naturkatastrophen.

2.1 Niederschlagsereignis August 2021 – Rückschau und Bewertung

Im August 2021 gab es extreme Niederschlagsmengen, die zu einer hohen Intensität der Muren führten. In dem vom Niederschlag betroffenen Gebiet gab es eine große Anzahl an Ereignissen, die mit Schäden an Infrastruktur und geringen Schäden im Siedlungsraum einhergingen. Es gab keine Personenschäden oder Verletzte.

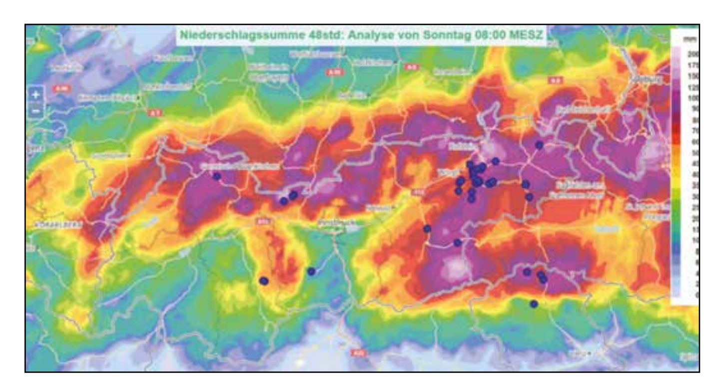


Bild 2, Niederschlagsereignis August 2021 mit Ereignispunkten

Durch die große Anzahl und hohe Dichte an Schutzbauten bzw. die rasche Intervention der Einsatzleitungen (Gemeinden, Feuerwehren etc.) wurde Gröberes verhindert. Die bestehenden Schutzbauwerke haben bei den Ereignissen einen hohen Wirkungsgrad gezeigt.





Bilder 3 – 4, Schäden Kelchsau nach NS-Ereignis August 2021





Bilder 5 – 6, Wirkung der Schutzbauten am Badhausbach (li) und Schönachbach (re) – NS-Ereignis August 2021

2.2 Extremereignisse/Versagensfall

Eine systematische Auseinandersetzung mit dem Teil- oder Vollversagen von Schutzsystemen infolge Extremereignissen oder kaskadischen Prozessen (z.B. Auftauen des Permafrostes, Auslösung von Massenbewegungen, Erhöhung der Muraktivität) sowie die Berücksichtigung des Versagensfalls (Restrisiko) in der Raum/Sicherheitsplanung ist essentiell. In diesem Zusammenhang werden alternative Konzepte der Sicherheitsplanung zum etablierten Frequenz-Magnituden-Konzept (sprich: Jährlichkeit) benötigt. Vor allem muss



Bild 7, Bauwerksversagen Schallerbach (See, 2015)



nachvollziehbar kommuniziert werden, dass es sich beim Versagen von Anlagen um menschlich verursachte Risiken handelt, die zu völlig konträren Gefahrenszenarien – verglichen mit den natürlichen Gefahrenszenarien in den Gefahrenzonenplänen – führen.

3 Neubewertung der Schutzziele

Die dynamische Entwicklung des Klimawandels erfordert eine regelmäßige Neubeurteilung der Schutzziele und Bemessungsgrundlagen. Es ist regelmäßig zu evaluieren, ob die durch Schutzsysteme gewährte Sicherheit noch mit den tatsächlichen Sicherheitserfordernissen bestehender Schutzgüter im Wirkungsbereich potenzieller Naturgefahren übereinstimmen. Die Schutzprojekte sind so flexibel zu gestalten, dass eine Systemanpassung rasch und unter Wahrung der Sicherheitserwartung erfolgen kann. Voraussetzung ist die Etablierung einer Risiko Governance, die auf einem etablierten Risikodialog und einer hohen gesellschaftlichen Akzeptanz (Kultur) im Umgang mit Risiken basiert.

4 Erhaltungsmanagment

In Tirol bzw. im gesamten Alpenraum wurde über Jahrzehnte ein sehr hohes Schutzniveau durch Errichtung umfangreicher Schutzinfrastruktur etabliert. Im Bauwerkskataster der WLV sind momentan 44.318 Schutzbauten erfasst, davon sind 25.998 Wildbachschutzbauten und davon wiederum 809 Schlüsselbauwerke. Die Erhaltung dieser bestehenden Schutzsysteme stellt zukünftig die wichtigste Sicherheitsaufgabe im Kontext von Schutzsystemen dar. Die Überwachung und regelmäßige Wartung der Anlagen im Rahmen einer etablierten Erhaltungsstrategie mit klaren Zuständigkeiten sind die wichtigsten Funktionen, um die Lebensdauer des Schutzes möglichst zu prolongieren.

Voraussetzung für eine nachhaltige Wirkung von Schutzsystemen über die gesamte Lebensdauer ist die kontinuierliche Inspektion und Zustandsbewertung (einschließlich Funktionsbewertung) der Schutzbauwerke. Die Ergebnisse der Zustandsbewertung bilden die Grundlage für die Erhaltungsstrategie, den Zeitpunkt und Umfang von Wartungs- und Instandhaltungsmaß-

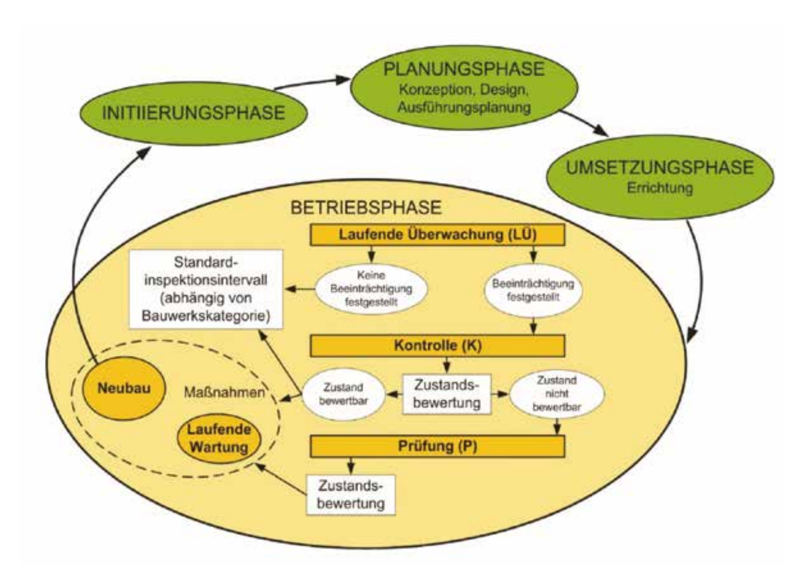


Bild 8, standardisiertes Erhaltungsmanagementsystem (nach ONR 24803 für Wildbachschutzbauwerke)

nahmen, die Identifikation und Umsetzung von Verbesserungen am Schutzsystem und die Entscheidung über die Behandlung der Maßnahme am Ende der Lebensdauer (Erneuerung, Abtrag, kontrollierter Verfall).

4.1 Instandhaltung von Schutzbauten

Werden Bauwerke regelmäßig überwacht, kann die kontinuierliche Abnutzung durch regelmäßige Wartungsarbeiten/Instandhaltung kompensiert werden und somit verlängert sich die Nutzungsdauer. Der aktuelle Informationsstand über den Zustand des Bauwerks ermöglicht auch eine verbesserte Planung bzw. fließen diese Informationen auch in Sachverständigentätigkeit und Katastrophenmanagement ein. Wird eine zeitgerechte Sanierung des Bauwerks durchgeführt, können dadurch auch die Kosten reduziert werden. Zur Durchführung der Bauwerksinspektionen gibt es bereits Kooperationen, um eine standardisierte Inspektion und Begehung der Einzugsgebiete zu gewährleisten. Beispiele dafür sind die Wildbachbetreuung Tirol in Kooperation von WLV, Land Tirol und Gemeindeverbund und Wasserverbände zur Instandhaltung (Wasserverband Paznaun/Osttirol).

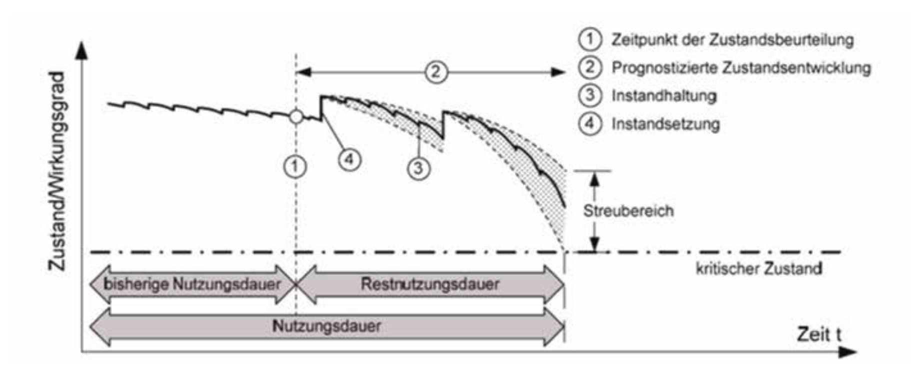


Bild 9, Zustandsentwicklung eines Schutzbauwerkes (die Prognosesicherheit der zukünftigen Entwicklung sinkt mit dem zeitlichen Aufwand zum Beurteilungszeitpunkt)

5 Technisches Anpassungsmanagment

Schutzsysteme unterliegen aufgrund der sich ändernden Umweltbedingungen (insbesondere durch den Klimawandel), der Folgen und Konsequenzen von Extremereignissen, der technologischen Entwicklungen und der notwendigen Anpassung an den Stand der Technik sowie geänderter Sicherheitserwartungen (Risikoakzeptanz) einem ständigen Anpassungsbedarf. Das Technische Anpassungsmanagement steuert die Planung, zeitgerechte Umsetzung und Dokumentation dieser Adaptionen am Schutzsystem. Veränderte Schutzziele erfordern vielfach Neukonfiguration, Erweiterung und Neuausrichtung vorhandener Systeme im Rahmen einer Sanierungskampagne am Ende des ersten Lebenszyklus bzw. nach schweren Schäden infolge Extremereignissen. Weiters ist die Einbindung neuer Komponenten in bestehende Schutzsysteme als ständige Weiterentwicklung zentral.

6 Zusammenfassung

Die Herausforderung für die Zukunft wird für die WLV vor allem die Erhaltung eines hohen Schutzniveaus sein. Hier gilt es sich an die Extreme anzupassen. Einwirkungsabschätzungen sind gegebenenfalls neu zu treffen beziehungsweise Überlastfälle und Normung anzupassen. Auch der Naturraum unterliegt einem ständigen Wandel. Die Waldausstattung wird durch klimatische Veränderungen stark beeinflusst. Dies führt in Zukunft zu diversen Herausforderungen vor allem im Bereich des Schutzwaldes und der Aufforstungen. Relevant ist auch eine Absicherung durch zusätzliche Sicherheitsredundanzen. Außerdem als wichtig erachtet werden gesamtheitliche Konzepte und Management im Bezug auf den Lebenszyklus der Bauwerke.

Eine weitere wichtige Herausforderung werden auch in Zukunft Kooperationen unter diversen Fachbereichen und sektorübergreifendes Management sein. Ziel ist es, Katastrophenmanagement zu schulen und weiterzuentwickeln und die Beteiligten einzubinden (Risikogovernance).

Autorenangaben:

DI Gebhard Walter
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Tirol
Wilhelm-Greil-Straße 9
A 6020 Innsbruck
gebhard.walter@die-wildbach.at

Block 1
Analysen und Beobachtungen nach Ereignissen

Vorsitz ORR Dipl.-Geol. (Univ.) Andreas Koch

Regierungsdirektor Landesbaudirektion Bayern

Ingenieurbau, München

Extremereignisse in Tirol – Beobachtung und Analyse

DI Ivo Schreiner
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung,
Sektion Tirol, 6020 Innsbruck
ivo.schreiner@die-wildbach.at

Die Sektion Tirol des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung investiert rund € 50 Mio. in den Schutz vor Wildbächen, Lawinen und Erosion. Ein beträchtlicher Anteil davon fließt auch in Maßnahmen zur unmittelbaren Behebung von Schäden nach Ereignissen. Auffällig dabei ist die stetige Zunahme der Anzahl der Ereignisse in einem Beobachtungsjahr. Wurden etwa 2010 noch 36 Ereignisse mit Schäden in Einzugsgebieten registriert, waren es 2021 bereits 125 Schadereignisse.

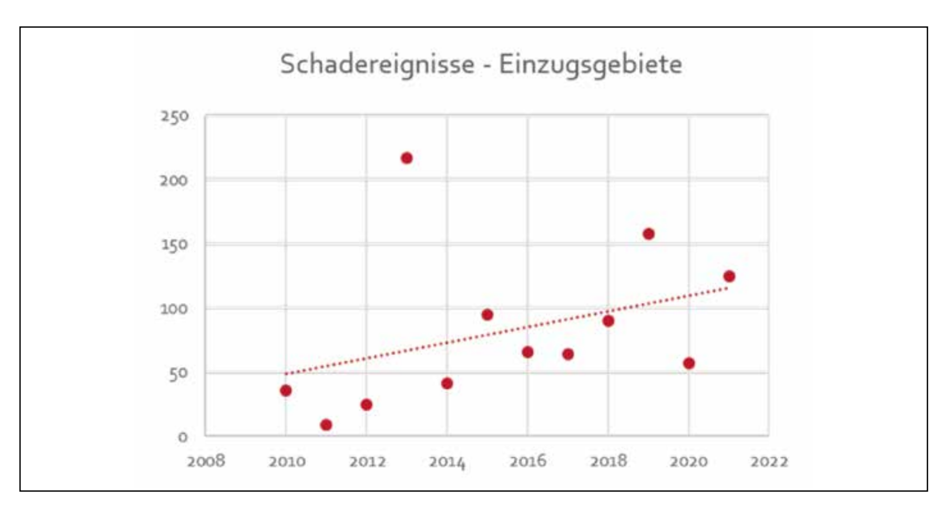


Abbildung 1, Entwicklung der Schadereignisse in Einzugsgebieten der vergangenen 10 Jahre

Definition von „Extremereignissen" (inhaltlich aus [2] ExtremA 2019)

„Ereignisse, die auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaften (Masse, Volumen, Geschwindigkeit, Niederschlag …) außergewöhnlich sind, d.h. von den bisherigen Erfahrungen oder von statistischen Mittelwerten abweichen." Es besteht kein zwingender Zusammenhang zwischen Extremereignissen und Katastrophen. Jene Ereignisse, welche „außergewöhnliche" Auswirkungen auf die Gesellschaft haben (z.B. Todesopfer, Schäden an kritischer Infrastruktur, an landwirtschaftlichen Flächen …) werden als Katastrophe definiert bzw. wahrgenommen.

Im Tätigkeitsbereich der Wildbach- und Lawinenverbauung wird in der Regel dann von einem Extremereignis gesprochen, wenn dieses eine hohe Magnitude/Intensität bei geringer Eintrittswahrscheinlichkeit/hohe Jährlichkeit aufweist.

Mit den sich verändernden Klimaverhältnissen und den sich daraus entwickelnden Wettererscheinungen ist aus dem Blickfeld des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung analog zum Anstieg der dokumentierte Schadereignisse auch ein Anstieg von „Extremen Ereignissen" zu beobachten.

Beispielhaft für die Prozesse Wildbach, Lawine und Steinschlag können nachfolgende Ereignisse genannt werden, wobei auf letzteren Prozess hinsichtlich einer Analyse genauer eingegangen wird:

Dawinbach, Gemeinde Strengen

Der Dawinbach ist ein orographisch linker Zubringer der Rosanna mit einer Einzugsgebietsfläche von ca. 5,5. km². Der Bach ist als murfähiger Wildbach bekannt. Am 31. August 2019 ereignete sich ein lokaler Starkregen (Gewitter) mit Hagelschlag im oberen Einzugsgebiet. Die Niederschlagsauswertung ergab einen Wert von rund 90 mm in 90 Minuten mit Intensitäten von über 120 mm/h. Es entwickelte sich daraus ein Murgang in einem bis dahin noch nicht bekannten Ausmaß. Der Spitzenabfluss betrug ca. 100 m³/sec, es

wurden Blöcke mit bis zu 30 m³ mittransportiert. Die vorhandenen Schutzbauten wurden stark in Mitleidenschaft gezogen bzw. z.T. zerstört. Drei Brücken, zwei Wohnhäuser wurden vermurt und schwer beschädigt, außerdem wurde ein Tischlereigebäude zur Gänze zerstört. Personen kamen glücklicherweise nicht zu Schaden.



Abbildung 2, Dawinbach, Ablagerungen von Großblaocken i.Z. des Murganges vom 31.08.2019

Winter 2018/2019

Der Winter 2018/2019 brachte in den Nord- und Zentralalpen Österreichs eine rund zweieinhalbwöchige Phase mit extremen Schneefällen in der ersten Jännerhälfte. Dabei waren besonders die beachtlichen Neuschneehöhen in dieser kurzen Zeit herausragend. So wurden in den Nordalpen für diesen 17 Tage langen Zeitraum verbreitet neue Neuschneerekorde aufgestellt, mancherorts wurden die bestehenden Maxima sogar deutlich übertroffen. (z.B. Seefeld 371 cm, Hochfilzen 521 cm). ([8] FZ WLV) Teils spielte in tiefen und mittleren Lagen auch zeitweiliger intensiver Regen eine Rolle. Damit kam es

zu einer außergewöhnlichen Gleitschneeaktivität, welche dem zunehmenden Schmelzwassereintritt und der ungünstigen Bodenverbindung auf Grund des vergleichsweisen warmen Vorwinters begründen ließ.

Zahlreiche Gebäude hielten dem Kriechdruck der Schneedecke nicht stand und erlitten erhebliche Schäden, einige Nebengebäude wurden zerstört. Auf Grund von Straßensperren waren mehrere Ortsteile vor allem im Tiroler Unterland über längere Zeit nicht erreichbar. Betroffen von diesen Ereignissen war nicht nur Tirol, sondern vor allem auch Salzburg sowie Vorarlberg und Oberösterreich.



Abbildung 3, Extremes Schneegleiten Jänner/Feber 2019; Abtenau Sbg.

Schadereignis vom 2.4.2021 Neustift im Stubaital

In der Nacht auf den 2.4.2021 kam es zu einem kleinen Felssturzereignis. Aus der Oberkante der Wandstufe im Bereich „Scheibe“ lösten sich ca. 20 m³ Festgestein und stürzten entlang der darunterliegenden Tiefenlinie talwärts. Ein großer, kompakter, scheibenförmiger Kluftkörper aus Schiefergneis mit Abmessungen von ca. 3,2 x 2,8 x 0,85 m (ca. 8 m³) durchschlug zwei über-

lappende Randfelder von Steinschlagschutznetzen mit einer Energieaufnahmefähigkeit von 3000 kJ und einer Bauwerkshöhe von 5 m. Einige Blöcke mit ca. 0,5 m³ wurden von den Schutznetzen seitlich der zerstörten Randfelder aufgefangen.



Abbildung 4, Schadblock mit ca. 8 m³ und beschädigtes Gebäude;
© Foto Drohnenbefliegung Feuerwehr Neustift

Der Großblock, der die beiden Randfelder der Schutznetze überwunden hatte, querte in flachen Sprüngen die Wiesenflächen im Unterhang. Hier zeigen sich furchenartige Schlagmarken in den Mähwiesen. Der Block überwand die darunter folgende Gemeindestraße und traf ein Wohnhaus an der nordwestlichen Gebäudekante. Dabei wurde die Außenmauer durchschlagen und die Decke zum Obergeschoß beschädigt. Der Block ragte schließlich zumindest einen Meter in das Gebäude hinein.

Das obere Tragseil bzw. das obere Mittelseil der beschädigten Schutznetze wurden bis zum Bruch belastet. Die Bremsen der Tragseilabspannungen wurden teilweise vollständig ausgezogen. Die Verankerungen der Seilabspannungen bzw. der Stützenfundierungen der beschädigten Netze zeigen keine Schäden wie z. B. verformte Bügel, deformierte Bewehrungselemente o. ä.

Im Rahmen einer sofortigen Beurteilung der Gefahrenlage wurde neben der Wildbach- und Lawinenverbauung auch ein Landesgeologe beigezogen. Eine Evakuierung von insgesamt vier Wohngebäuden und eine Straßensperre der Gemeindestraße wurde veranlasst.

Bei Tageslicht wurde eine Hubschrauberbefliegung durchgeführt. Es wurden keine absturzbereiten Blöcke im Bereich der Abbruchnische vorgefunden. Nach der Errichtung von provisorischen Dämmen wurde die Evakuierung auf das betroffene Gebäude zurückgenommen.

Im Rahmen der Bewertung des Ereignisses wurde einerseits die Schutthalde im Unterhang im Streubereich des Ereignisses vom 2.4. begangen und die hier vorliegenden Sturzblöcke in Hinblick auf ihre Blockgrößen untersucht. Abgesehen vom Schadblock fand sich unter den Einzelblöcken aus dem Ereignis kein Einzelblock mit einer Kubatur, die jene der Bemessungsblöcke aus dem Verbauungsprojekt 2005 (2 bzw. 5 m³, vgl. [3] i.n.n.) überstieg.

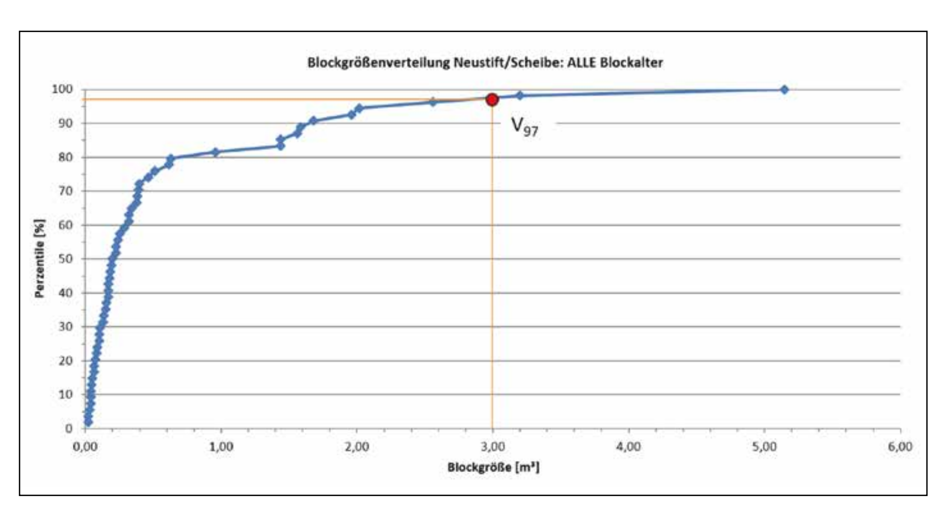


Abbildung 5, graphische Bestimmung des 97% Fraktils aller vermessenen Sturzblöcke

Im Rahmen der Ereignisdokumentation wurden zahlreiche Sturzblöcke in der Schutthalde inklusive aller vorliegenden frischen Blöcke aus dem Ereignis selbst vermessen. Die Abmessungen, Blockalter und Positionen der Blöcke

wurden dokumentiert. Bei einer statistischen Auswertung der Blockgrößenverteilungen zeigt sich, dass in diesem Bereich faktisch keine Sturzblöcke mit Kubaturen von > 5 m³ auftreten (vgl. Abbildung 4). Unter Heranziehung der frischen und angewitterten Blöcke (diese Blöcke repräsentieren i. w. die Zeitspanne eines Bemessungsereignisses) ergäbe sich gem. ÖNORM Regel 24810: Technischer Steinschlagschutz ein Bemessungsblock von 1,3 m³ (vgl. Abbildung 6).

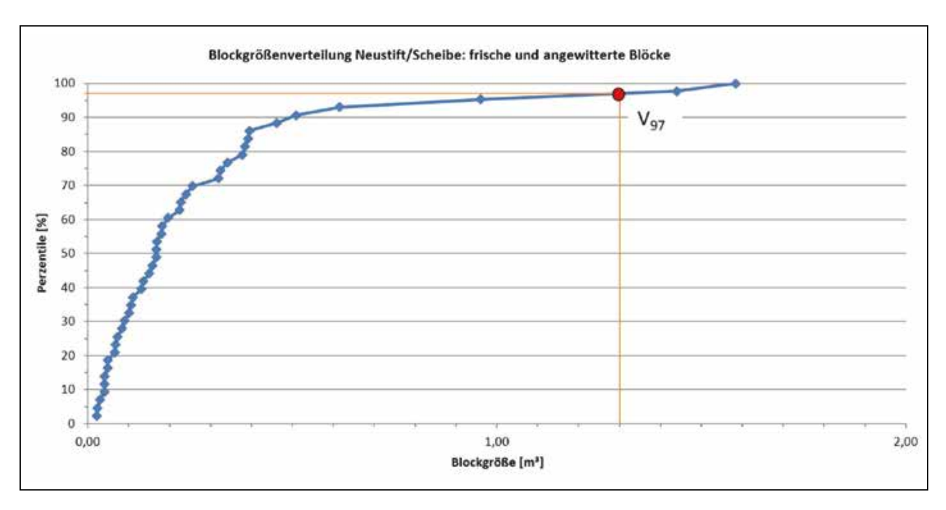


Abbildung 6, graphische Bestimmung des 97% Fraktils der frischen und angewitterten Sturzblöcke

Die Begehung des obersten Wandteiles im Umfeld der Ablösestelle des Ereignisses zeigt überwiegend stark zerlegte Schiefergneise mit einer flach in den Hang hinein einfallenden Schieferung. In der Abbruchnische selbst weisen Eisbildungen an der Grenzschicht zwischen Boden und Fels auf Wasserzutritte aus dem Oberhang hin.

Im Rahmen von zwei- und dreidimensionalen Steinschlagsimulationen wurden die im Verbauungsprojekt 2005 (siehe [3] i.n.n.) ermittelten Bemessungswerte in Hinblick auf den Stand der Technik (vgl. [1] ONR 24810:2020) überprüft.

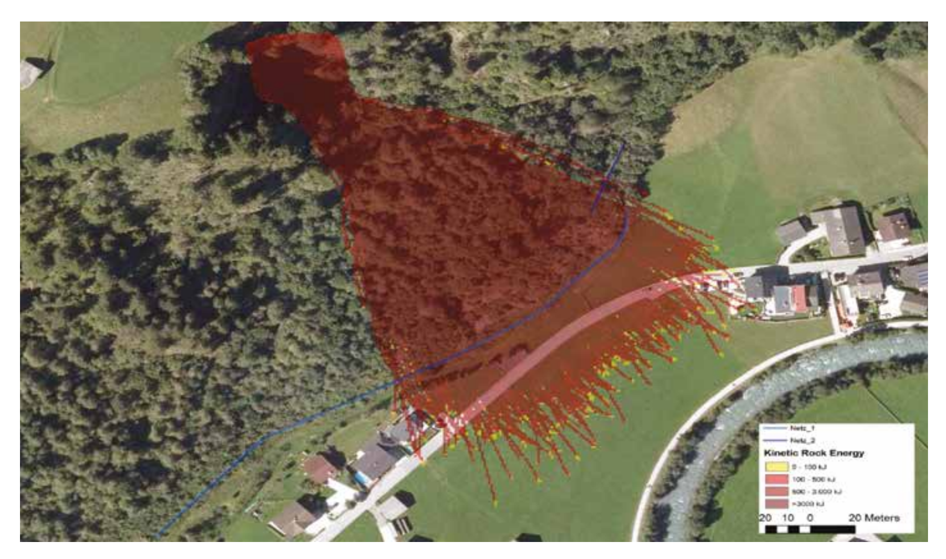


Abbildung 7, Ergebnis der Steinschlagsimulation ohne Berücksichtigung der Schutznetze

Die Überprüfung zeigte, dass die im Verbauungsprojekt vorgesehenen und auch umgesetzten Maßnahmen auch in Hinblick auf die 2020 veröffentlichte ON-Regel 24810 betreffend Bemessungsblock und Design-Widerstände (Energie und Bauwerkshöhe der Schutzbauwerke) dem Stand der Technik entsprechen. ([7] WLV, Fachzentrum für Geologie und Lawinen, Mag. Michael Mölk)

Beurteilung und Entscheidung:

Bei dem Felssturzereignis kam es zum Abbruch eines Gesteinspaketes mit einer Kubatur von insgesamt ca. 15-20 m³. Im Rahmen des Sturzprozesses kam es zu einer Zerlegung des Schiefergneises. Die daraus resultierenden Einzelblöcke lagen überwiegend im Bereich von < 0,5 m³. Einzelne seltene Blöcke, die bergseits des Schutznetzes abgelagert wurden, zeigen Kubaturen von 2 m³, der größte frische Block in der Schutthalde weist eine Kubatur von 1,6 m³ auf. Der Schadblock mit einer Kubatur von ca. 8 m³ stellt aus derzeitiger Sicht einen außergewöhnlichen, sehr selten realisierten kompakten Kluft-

körper dar, der zudem aufgrund seiner Scheibenform und des Sturzverlaufes als aufgestelltes „Rad“ einen seltenen Sonderfall repräsentiert.

Damit wurde dokumentiert, dass es sich bei dem Ereignis um ein seltenes Ereignis deutlich über dem Bemessungsziel, auf welches Schutzmaßnahmen dimensioniert werden, handelte.

Aufgrund dieser Beurteilung wurde aus fachlicher Sicht in Abstimmung mit dem Landesgeologischen Dienst festgestellt, dass mit der baugleichen Wiederherstellung der beschädigten Steinschlagschutznetze ein ausreichender Schutz des Siedlungsraumes bzw. der bestehenden Bebauung gegeben ist.

Literatur

1 ONR 24810: Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung. Entwurf, Ausgabedatum: 2017-02-15

2 ExtremA 2019: Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich, Thomas Glade/Martin Mergili/Katrin Sattler (Hg.) V&Runipress, Vienna University Press

3 i.n.n. Ingenieurgesellschaft mbH & Co KG (2005): Scheibe Steinschlag: Verbauungsprojekt 2005. Unveröffentlichter Projektierungsgutachten

4 ÖSTERR. GES. F. GEOMECHANIK (Hrsg) (2014): Poisel, R., Mölk, M. & al: Empfehlung für das Schutzziel bei gravitativen Naturgefahren in Österreich. ÖGG Wien 2014

5 BÄK R., BRAUNSTINGL R., HAGEN, K., KOCIU A., KOLMER C., MELZNER S., MÖLK M., PREH A. & SCHWARZ L.: Materialien und Arbeitspapiere – Arbeitsgruppe Geologie, S. 155-195. In: ÖROK (Hrsg.) (2015): Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung. – Wien (=ÖROK-Schriftenreihe 193)

6 ATLR, Abt. Schutz vor Naturgefahren und Evakuierungsmanagement. Großblocksturz im Weiler Scheibe 76: Stellungnahme des Amtssachverständigen für Geologie vom 6.4.2021.

7 WLV, Fachzentrum für Geologie und Lawinen, Mag. Michael Mölk; Steinschlagereignis Neustift Scheibe vom 2.4.2021: Aktenvermerk zur Bewertung des Ereignisses – Revision 1 vom 19.4.2021
8 WLV, Fachzentrum für Geologie und Lawinen, P. Siegele, C. Tollinger, M. Granig, Ereignisdokumentation Lawinen Jänner-februar 2019

Erfahrungen mit Monitoring an den Uferdämmen der Etsch in der Provinz Bozen – Die Rolle der Saugspannung

DI Fabio De Polo
Direktor Funktionsbereich Wildbachverbauung
Agentur für Bevölkerungsschutz Bozen
Fabio.DePolo@provincia.bz.it

1 Einleitung

1.1 Wasserschutzbauten, Lawinenverbauung, Bodenschutz und Katastrophenhilfe

In all diesen Bereichen hat das Land Südtirol dank des Autonomiestatutes alleinige Zuständigkeit. Somit kann der Funktionsbereich Wildbachverbauung der Agentur für Bevölkerungsschutz all diese Bereiche sowie seit dem Jahr 2000 auch alle Belange der großen Flüsse (Eisack und Etsch) eigenständig verwalten.

Der Funktionsbereich Wildbachverbauung führt diesbezüglich alle erforderlichen Arbeiten aus: von der Bewertung der verschiedenen Gefahren, vom Lokalaugenschein und der Vermessung, von der Ausarbeitung von Schutzkonzepten bis hin zur Planung, Bauausführung Instandhaltung und Abnahme der effektiven Schutzbauwerke. Neben den technischen Anforderungen sind dabei die ökologische und landschaftliche Eingliederung der Bauwerke in die umliegende Landschaft besonders wichtig. Im Ereignisfall wird die Situation laufend beobachtet, um bei Bedarf sofort mit Maßnahmen zur Vermeidung und Behebung von Schäden eingreifen zu können und somit der Bevölkerung Südtirols die größtmögliche Sicherheit zu garantieren.



Pflasterungen



Konsolidierungssperren

Abbildung 1, Maßnahmen der Wildbachverbauung, Pflasterungen und Konsolidierungssperren





Lawinenauffangdamm





Rückhaltesperren



Erosionsschutzmaßnahmen



Kulturgüterschutz

Abbildung 2, Maßnahmen der Wildbachverbauung, Lawinenauffangdamm, Rückhaltesperren, Erosionsschutzmaßnahmen und Kulturgüterschutz

1.2 Historische Entwicklungen der Etschdämme unterhalb von Bozen

An der Etsch wurden seit dem 19. Jahrhundert mehrere Regulierungen durchgeführt. Die ersten Eingriffe gehen auf das Jahr 1818 zurück, wo die Etsch an mehreren Stellen begradigt wurde und somit die umliegenden Flächen bonifiziert werden konnten. Der größte Eingriff war jener von 1845, im Zuge dessen die Flusslänge der Etsch zwischen Meran und Rovereto um ca.19 km (von 115 auf 96 Kilometer) verkürzt wurde. Diese Eingriffe erlaubten es das Etschtal zwischen Neumarkt und Trient nach und nach zu bewirtschaften; in der Tat wurde dieser Abschnitt nicht mehr als sumpfig und als Malariagebiet beschrieben.

Durch die Begradigungen der Etsch erhöhte sich jedoch die Längsneigung des Flusses, wodurch es zu einer höheren Fließgeschwindigkeit, einer höheren Erosionskraft und folglich zu Eintiefungen kommt. Die Eintiefungen des Flussbettes breiten sich progressiv flussaufwärts aus, während es flussabwärts aufgrund der geringeren Neigungen zu Auflandungen des mobilisierten Materials und zur Gefahr von Überflutungen kommt.

Die Etsch verursachte in der Vergangenheit mehrere Überschwemmungen: im Jahr 1474 überflutete die Etsch Bozen im Bereich des Schlosses Firmian; im September 1882 kam es an neun verschiedenen Bereichen zwi-

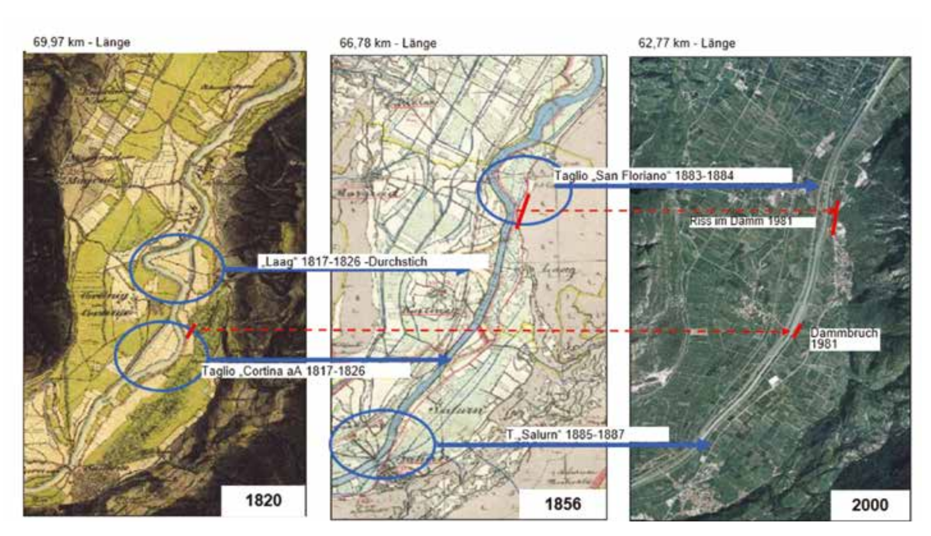


Abbildung 3: Historische Entwicklung der Etsch

schen Bozen und San Michele all’Adige zu Dammbrüchen; 1966 wurde ein Großteil von Trient überflutet. An 19. Juli 1981 brachen nach 30 Stunden intensiver Regenfälle die Dämme der Etsch, und Salurn wurde überflutet. Wie durch ein Wunder waren keine Opfer zu beklagen, allerdings waren ganze Familien gezwungen ihre Häuser zu verlassen. Zu großen Schäden kam es allerdings an den Gebäuden und der Landwirtschaft.

Nach diesen Ereignissen wurden an der Etsch zahlreiche Maßnahmen zur Sicherung des Flusses und Verstärkung der Schutzdämme durchgeführt. Bis 2000 wurden diese Maßnahmen durch das „Genio Civile“ (Staatsbauamt) umgesetzt, während nach der Übertragung der Kompetenzen auf die Autonome Provinz Bozen die Verbauungen von der Wildbachverbauung durchgeführt wurden. Ab dem Jahr 1983 wurde mit der Errichtung eines Gegendammes begonnen, 1987 mit der abschnittsweisen, flussseitigen Verstärkung mittels in Beton verlegten Steinen. Um die Stabilität des orografisch linken Dammes zu erhöhen, wurde 2014 auf einer Länge von 1100 Meter mit dem Bau eines Filters am Dammfuß begonnen. Mittlerweile wurde dieser Filter auf der gesamten Strecke von der Brücke Neumarkt bis zur Provinzgrenze Trient (ca. 12 Kilometer) realisiert. Diese Maßnahme, als Teil des Mehrjahres-Plans zum

Schutz vor Hochwasserereignissen an der Etsch, zeigte bei den Hochwassern 2020 und 2021 ihre volle Wirksamkeit.

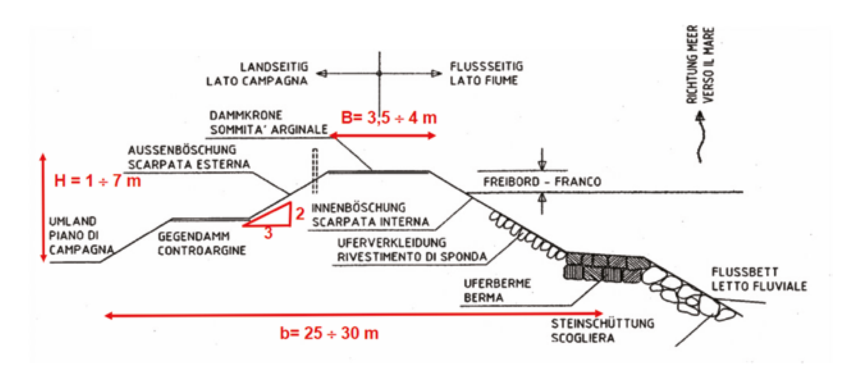


Abbildung 4: Geometrie des Dammes an der orografisch linken Seite der Etsch

2 Messung der Saugspannung im Damm

Die Auswahl der Messinstrumente des Monitoringsystems und die Positionierung derselben muss derart erfolgen, dass jedes einzelne Messgerät in der Lage ist auf die spezifische Fragestellung des (geotechnischen) Phänomens, welches untersucht werden soll, zu antworten bzw. zu reagieren. Entlang der Dämme der Etsch wurden ca. 981 geotechnische Untersuchungen (Bohrungen, Dynamischer Plattendruckversuch DPH, Standard Penetration Test SPT) durchgeführt.

Zum Monitoring des Grundwasserspiegels und dem Verlauf der Sickerlinie im Inneren der Dämme wurden neben manuellen und automatischen Piezometern auch Systeme mit Glasfaserkabel und Tensiometer zur Messung der Saugspannung eingebaut. Derzeit werden herkömmliche Tensiometer mit piezoelektrischen Drucksensoren verwendet (UMS GmbH-D).

Da in die Dämme nur während eines Hochwassers Wasser eindringt, ist es möglich, mittels dieser Messgeräte den stündlichen Verlauf der Sickerlinie zu erfassen. Der Dammkörper tendiert während eines Hochwassers vom teilgesättigten in den gesättigten Zustand überzugehen.

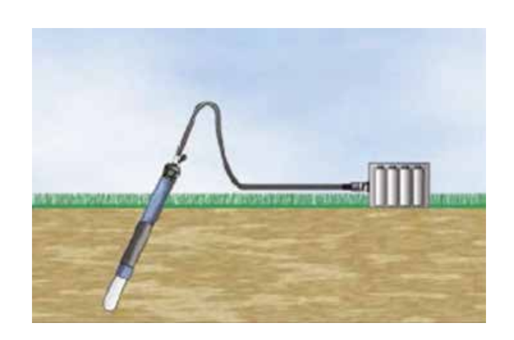




Abbildung 5: Tensiometer

Im Jahr 2015 wurden sechs Tensiometer im orografisch linken Damm nahe der Ortschaft Laag installiert. Gleichzeitig wurde auch eine geotechnische Untersuchung durchgeführt, um die Beschaffenheit des Dammes und anschließend auch den Verlauf der Infiltrierung im Zuge eines Hochwassers zu ermitteln.

In der Abbildung 5 sind vier deutliche Ausschläge der Messgeräte ersichtlich, welche mit vier Hochwasserereignissen im Jahr 2016, 2017 und 2018 übereinstimmen. Die Messungen haben gezeigt, dass sich in den Perioden mit niedrigem Wasserstand der Etsch im Damm teilgesättigte Zustände mit Saugspannungen von ca. 10 – 20 kPa einstellen. Diese Saugspannungen erhöhen die Stabilität des Dammes in der ersten Phase des Hochwassers und verlangsamen die Infiltrierung des Wassers in den Dammkörper. Mit zunehmender Sättigung vermindert sich allerdings ihre stabilisierende Wirkung.

Mit diesen Messdaten ist es möglich die notwendigen Maßnahmen zur Erhöhung der Stabilität des Dammes festzulegen und vor allem ein Entwässerungssystem zu errichten, durch welches der Verlauf der Infiltrationslinie innerhalb des Dammes stabilisierend beeinflusst werden kann.

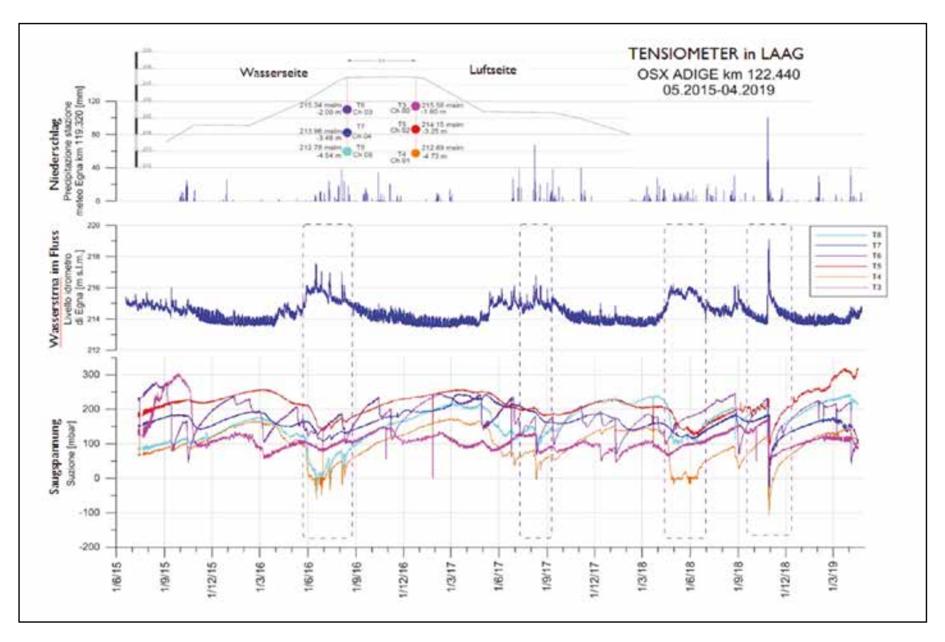


Abbildung 6: Tensiometer-Daten zwischen den Jahren 2015 und 2019 an der Etsch

3 Literatur

- *The design of a monitoring system for an embankment of the Adige River* L. SIMEONI, A. TARANTINO, A. POZZATO, F. DE POLO & M. BRAGAGNA (2008) –Italian Geotechnical Journal, Vol. XLII, No. 3, pp. 73-94 (in Italian

- *Analysis of the effects of the partial saturation on the Adige river embankment stability*
  Pozzato, A., Tarantino, A. & De Polo, F., 5 Jun 2014, *Unsaturated Soils: Research & Applications.* Khalili, N., Russell, A. & Khoshghalib, A. (eds.). Leiden, Vol. 2. p. 1367-1372 6 p. Research output: Chapter in Book/Report/Conference proceeding › Conference contribution book

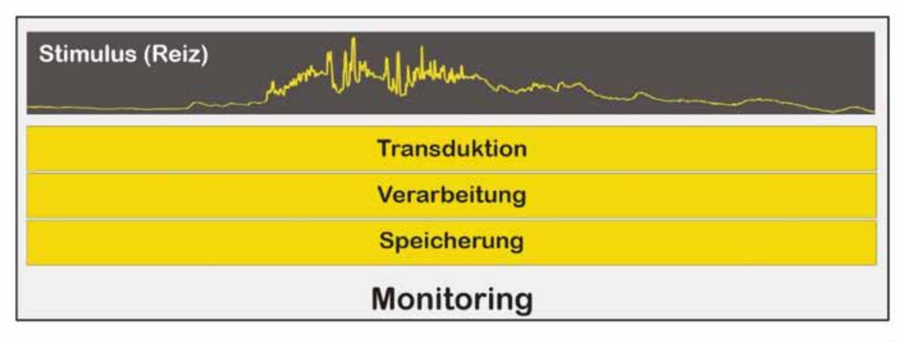
Herausforderung Wildbach-Monitoring

Univ.-Prof. DI Dr. Johannes Hübl und DI Georg Nagl
Universität für Bodenkultur, Institut für Alpine Naturgefahren, Wien
johannes.huebl@boku.ac.at; georg.nagl@boku.ac.at

1 Einleitung

Die Zahl der Monitoring-und Frühwarnsysteme nimmt weltweit zu. Durch technische Entwicklungen können neue methodische Ansätze kostengünstig im Naturgefahrenbereich eingesetzt werden. Jedoch stellen die Einsatzgebiete weiterhin eine große Herausforderung für die Aufstellung und Durchführung dieser Monitoring- und Frühwarnsysteme dar.

Generell wird das systematische Beobachten eines Prozesses als Monitoring bezeichnet. Es wird in der Naturwissenschaft beim Überwachen von Naturphänomenen als zentrales Element für die Gewinnung von Daten, Wissen, Hypothesenprüfung und Evaluierung von Maßnahmen eingesetzt. Um Prozesse quantifizieren zu können werden je nach Zielsetzung verschiedenste (technische) Instrumente eingesetzt um die gewünschten Informationen zu bekommen. Entsprechend der Zielsetzung werden aber auch unterschiedliche Zeitbereiche betrachtet und Anforderungen an die Genauigkeit und Zuverlässigkeit gestellt [1]. Grundsätzlich folgt die systematische Beobachtung mittels technischer Systeme der Wahrnehmungskette des Menschen. Hier werden Signale (wie auch Reize beim Menschen) in elektrische Signale (Transduktion oder Transformation) umgewandelt und weiterverarbeitet. Werden Schwellenwerte überschritten oder spezielle Muster erkannt, werden Handlungsschritte gestartet, wie zum Beispiel Warnung und Alarmierungen (Bild 1).



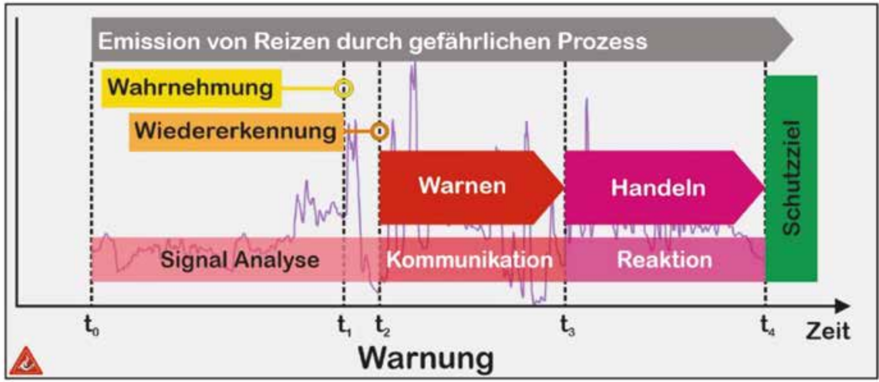
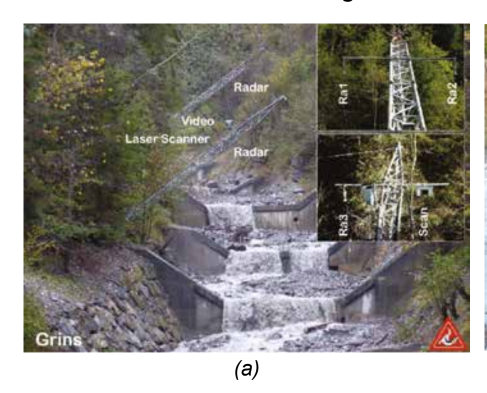


Bild 1, Monitoring und die Wahrnehmungskette

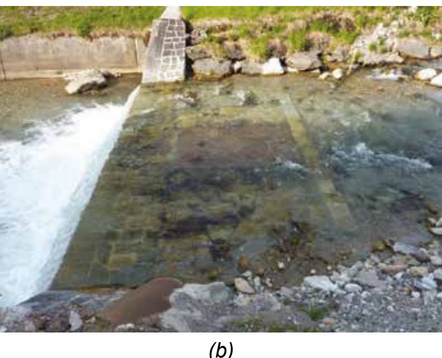
2 Monitoring in Wildbächen

Das Monitoring in Wildbächen stellt eine spezielle Herausforderung im Bereich des Monitorings dar. Durch die Topographie im Gebirgsraum kommt es bei Starkniederschlägen zu einem rasch ansteigenden Abfluss der in weiterer Folge durch variable Systembedingungen auch Murgänge auslösen kann. Durch die kleinräumigen Niederschlagsereignisse ist die Vorhersage von größeren Wildbachprozessen, die als seltene Ereignisse anzusehen sind, ausgesprochen schwierig. In den letzten zwei Jahrzehnten wurden zahlreiche Einzugsgebiete weltweit mit Monitoringsystemen ausgestattet. Mit diesen Stationen ist eine Beobachtung und Erfassung von Parametern möglich, die

die Auslösung, Dynamik, aber auch die Validierung und Kalibrierung von numerischen Modellen ermöglichen. Weiters können damit auch Systeme für Warnung und Alarmierung getestet und weiterentwickelt werden [2]. Warn- oder Alarmsysteme sind so konzipiert, dass sie rechtzeitig aussagekräftige Informationen aussenden, um die mit einem Prozess verbundenen Risiken für die Betroffenen zu verringern. Überwachungssysteme für die Forschung dienen hingegen der systematischen Beobachtung verschiedener Parameter, um das Verständnis der angestrebten Prozesse zu verbessern.



(a)



(b)

Bild 2, (a) Murenmonitoring Station am Lattenbach (Pians, Tirol),
(b) Geschiebemessstation an der Urslau, Maria Alm

Grundsätzlich werden zur Erfassung der Signale von den geomorphologischen Prozessen unterschiedliche Sensoren eingesetzt. So kann die Abflusstiefe berührungsfrei mittels Ultraschall, Laser oder Radar ermittelt werden (siehe Bild 2). Jede Messtechnik hat aber ihre Vor- und Nachteile und sollte auf die jeweilige Zielsetzung abgestimmt werden. Auch durch Videoanalysen können unterschiedliche Parameter analysiert werden. Neben der Wahl der Sensorik ist auch die Situierung der Messeinrichtung in einem Einzugsgebiet von großer Relevanz. Es gibt aber auch andere Herausforderungen, wie zum Beispiel die Erfassung des Sedimenteintrags durch die räumliche Veränderung der Topographie im Einzugsgebiet. Hierzu werden dann andere Systeme, die z. B. in der Geotechnik und Geologe verwendet werden, herangezogen.



(a) (b)

Bild 3, (a) Monitoringsystem an Murennetz Bayern,
(b) Murenmonitoringstation in der Gadria, Südtirol (BOKU)

Das Institut für Alpine Naturgefahren betreibt Monitoring-Stationen in Wildbacheinzugsgebieten, die in der Vergangenheit Schauplatz von Hochwasser- oder Murgangereignissen waren (Bild 3). Neben den gerinnenah installierten Messsensoren und Videokameras zählen Wetterstationen, die punktuell kontinuierlich meteorologische Parameter aufzeichnen, zu wertvollen Datenquellen für die Analyse von Wildbachereignissen.

3 Literatur

[1] Hübl, Johannes; Mikos, Matjaz, (2012) Monitoring von Murgängen, in. Zeitschrift für Wildbach, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz.

[2] Hürlimann, Marcel, et al. (2019), Debris-flow monitoring and warning: Review and examples." *Earth-Science Reviews* 199 , 102981.

Block 2

Bewertung von Historischen Bauwerken

Vorsitz Geschäftsführ. Direktor DI Fabio De Polo

Agentur für Bevölkerungsschutz, Bozen

Optimierung der Lebensdauer alter Steinschlag- und Lawinenschutzbauwerke durch präventives Instandhaltungsmanagement

Dr. Hans-Jörg Laimer[1], Dr. Michael Brauner[2]
[1] ÖBB Infrastruktur AG GB SAW/Fachbereich Fahrwegtechnik, Salzburg
hans-joerg.laimer@oebb.at
[2] ÖBB Infrastruktur AG GB SAW/Fachbereich Fahrwegtechnik, Wien
michael.brauner@oebb.at

1 Einführung und Problemstellung

Für Infrastrukturbetreiber und andere Erhaltungspflichtige von Schutzbauwerken gegen Naturgefahren gewinnt das Instandhaltungsmanagement zunehmend an Bedeutung, insbesondere dann, wenn im Anlagevermögen eine große Anzahl an Schutzanlagen mit unterschiedlichem Baualter vorhanden ist. Am Beispiel der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) soll gezeigt werden, wie die Lebensdauer von Steinschlag- und Lawinenschutzbauwerken durch ein präventives Instandhaltungsmanagement [1] optimiert werden kann. Hierbei wird die Instandhaltung zustandsbasierend durchgeführt, bevor es zu einer Reduktion der Funktionstauglichkeit kommt und die Ausfallwahrscheinlichkeit erhöht wird. Dazu bedarf es historischer Daten zur Anlage und ihrem Zustand.

2 Ausgangssituation

2.1 Historischer Überblick zu den ÖBB-Schutzbauwerken

Bedingt durch das hohe Alter der österreichischen Gebirgsbahnen, welche im 19. Jh. über große Abschnitte als Rampen- oder Schluchtstrecken ange-

legt werden mussten, sind die ÖBB seit der Bahnbauzeit mit der Errichtung und Instandhaltung von Schutzanlagen gegen Hangprozesse befasst. Aktuell befinden sich rund 11.000 Schutzbauwerke im ÖBB-Anlagevermögen, wobei aktuell das höchste Bauwerksalter bei 122 Jahren und das Durchschnittsalter bei 54 Jahren liegt. Eine Analyse der Anlagendatenbank zeigt, dass sich die Bauwerke im Wesentlichen vier unterschiedlichen Bautechnologie- und Regelplanungsphasen zuordnen lassen.

2.1.1 Phase 1 (1870-1920)

Bereits in der Bahnbauzeit wurde für die Errichtung der Brennerstrecke 1867 ein erstes Regelwerk geschaffen [2], welches auch Schutzbauwerke gegen Hangprozesse umfasste. Neben einfachen Erdbauwerken (Fanggräben, Wälle) kam im Transport- und Anbruchbereich überwiegend Naturstein-Mauerwerk (Steinschlagmauern, Lawinenbermen, Kluftblock-Untermauerungen) zur Ausführung. Das Baumaterial wurde während des Streckenbaus bei der Herstellung von Felseinschnitten vor Ort gewonnen.

2.1.2 Phase 2 (1920-1960)

In der Zwischen- und Nachkriegszeit dominieren im Steinschlagschutz starre Verbauungen aus Beton und alten Oberbaustoffen (Schienen, Holzschwellen, vgl. Bild 1a), die ab 1941 netzweit nach den Systemskizzen von Pfahnl [3] errichtet wurden. In den weit von der Strecke entfernten Lawinen-Anbruchgebieten kamen neben den Lawinenmauern nun auch Konstruktionen aus leichter zu transportierenden Materialien zum Einsatz („Arlberg"-Schneerechen aus Holzstaketen, Drahtgeflechtwände).

2.1.3 Phase 3 (1960-2000)

Ab den 1960er Jahren waren die ersten industriell gefertigten Verbauungssysteme am Markt erhältlich. Starre Drahtseilverbauungen („Kaim-Seilsperre", vgl. Bild 1b) wurden sowohl als Steinschlagschutz als auch zur Lawinenanbruchsicherung eingesetzt. In den 1990er Jahren wurde bei den letzten Bauwerken dieser Phase der eingespannte Stützenfuß durch einen gelen-

kig gelagerten ersetzt. Die Lawinenstützverbauung erfolgte zunehmend mit Stahlschneebrücken.

2.1.4 Phase 4 (ab 2000)

Erst in den letzten beiden Jahrzehnten werden moderne Steinschlagschutznetzsysteme, Schneenetze und Schutzdämme errichtet, deren Design seit 2008 EU- und ÖBB-Richtlinien [4, 5] bzw. etwas später auch normativen Vorgaben folgt [6, 7].



(a) (b)

Bild 1, (a) Bauwerke der Phasen 4 (Steinschlagschutznetz) und 2 (Schienenwand), (b) Bauwerk der Phase 3 (Drahtseilsperre mit starrem Stützenfuß)

2.2 Instandhaltungsprozess und Schutzstrategie

Die Erneuerung alter Steinschlag- und Lawinenschutzbauwerke erfolgte bis 2000 anlassbezogen als Reaktion auf ein Ereignis, was im Widerspruch zum zyklischen Instandhaltungsprozess und dem damit verbundenen mittelfristigen ÖBB-Planungshorizont stand. Das Fehlen übergeordneter Schutzziele, einer netzweiten Naturgefahrenerhebung bzw. Bauwerksdatenbank führte zu einer uneinheitlichen Vorgehensweise beim Umgang mit Bestandsbauwerken (Zustandsbeurteilung, Dimensionierung etc.).

Dieser Widerspruch wurde durch den Aufbau und die konsequente Verfolgung eines Sicherheitskonzepts auf Basis des Risikomanagementkreislaufes gelöst. Die dazu erforderliche Schutzstrategie, nämlich die Erfüllung der gesetzlichen Vorgabe zur Führung eines jederzeit sicheren Bahnbetriebs, auf deren Grundlage eine systematische Identifikation, Analyse, Bewertung und Überwachung von Geländeprozess- sowie Baurisiken erfolgen kann, ergibt einen streckenorientierten Schutzzielkatalog. Je nach Bedeutung der Strecke variiert man hierbei zwischen baulichen und betrieblichen Schutzmaßnahmen. Gemäß der Schutzstrategie liegt der Fokus dabei auf einer präventiven Sicherung der naturgefahrenrelevanten Abschnitte durch Schutzbauwerke. Zur Erreichung, Aufrechterhaltung und Wiederherstellung der vollen Schutzwirksamkeit der alten Schutzbauwerke stehen im präventiven Instandhaltungsmanagement der ÖBB vier wesentliche Instrumente zur Verfügung, welche im Folgenden erläutert werden.

3 Präventive Instrumente

3.1 Planungsinstrumente

3.1.1 Naturgefahrenhinweiskarte

Die für alle von Hangprozessen betroffenen Streckenabschnitte vorhandene Naturgefahrenhinweiskarte bewertet das Gefährdungspotential für einen sicheren Bahnbetrieb mit Hilfe einer Matrix aus Exposition und Prozessaktivität. Eine weitere Matrix aus Gefährdungspotential und Gebrauchstauglichkeit der Schutzbauwerke führt zur Ermittlung einer Hinweiskategorie, welche zur Planung von Schutzmaßnahmen sowie zur Abschätzung deren Dringlichkeit (Maßnahmenpriorisierung) herangezogen wird. Damit ist eine netzweit standardisierte und nachvollziehbare Erhebung und Beurteilung der Streckengefährdung möglich [8].

3.1.2 Geologisch-geotechnische Lehnenklassifikation

Da rund 70 % der Erhaltungskosten in der naturgefahrenrelevante Anlagengruppe auf die Bewirtschaftung der Böschungen im Festgestein (Felslehnen) entfallen, war es angesichts der zu erwartenden finanziellen und personellen Einschränkungen erforderlich, einen neuen Bewertungsansatz für diese zu entwickeln, welcher die vorgeschriebene Inspektion/Wartung ohne Qualitätsverlust ermöglicht.

Das entsprechende geotechnische Klassifizierungssystem wurde bereits an anderer Stelle publiziert [9]. Für das präventive Instandhaltungsmanagement ist jedoch der im Rahmen des Projekts geschaffene Anlagenkataster relevant, in dem erstmals alle ÖBB-Schutzbauwerke und Felslehnen erfasst und räumlich verortet wurden. Erst damit war eine Gesamtübersicht über Lage, Typ und ungefähres Alter sämtlicher Steinschlag- und Lawinenschutzbauwerke gegeben (vgl. Bild 3), welche zur Maßnahmenbemessung und –bewirtschaftung analysiert werden konnte.

3.2 Maßnahmenbemessung

Im Bereich der Maßnahmenbemessung sind neben der Maßnahmenanpassung an die geologisch-geomorphologische Situation vor allem die Gesamtkosten über die Nutzungsdauer zu berücksichtigen (vgl. Bild 2), was zur Errichtung möglichst wartungsarmer Bauwerke führt. In die Gesamtkostenbetrachtung gehen alle Bauteile mit identer Nutzungsdauer ein, welche endet, wenn die Grenzkosten der Instandhaltung die Grenzkosten der Abschreibung übersteigen. Eine korrekte Bemessung reduziert hierbei die Grenzkosten der Instandhaltung und verlängert die Nutzungsdauer.

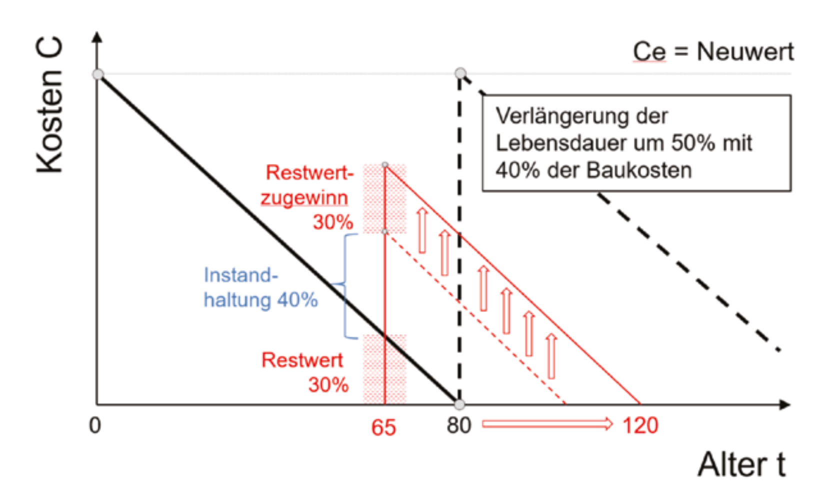


Bild 2, Gegenüberstellung des Restwerts eines Bauwerks bei linearer Abschreibung über 80 Jahre und kontinuierlicher Degradation gegenüber einer Instandhaltungsmaßnahme mit 40% des Neuwerts, welche eine Verlängerung der Lebensdauer um 40 Jahre bewirkt. Da gegen Ende der Lebensdauer der Instandhaltungsaufwand bei gleichzeitiger Abnahme des Restwertzugewinns steigt, überwiegen dann die Grenzkosten der Instandhaltung gegenüber jenen des Restwerts.

3.3 Maßnahmenbewirtschaftung

Die Maßnahmenbewirtschaftung zielt auf die Angleichung bestehender Bauwerke an den Technologiefortschritt bei gleichzeitiger Anpassung ihrer Schutzfunktion ab. Das kann durch Umrüstung bzw. Bauwerkserweiterung erfolgen. In Bild 3 sind die auf Grund der Anlagenmenge relevanten Bautypen sowie deren mittleres Alter ersichtlich. Aus dem mittleren Alter ergibt sich die Einstufung in die folgend erläuterten Bauphasen 1 bis 3.

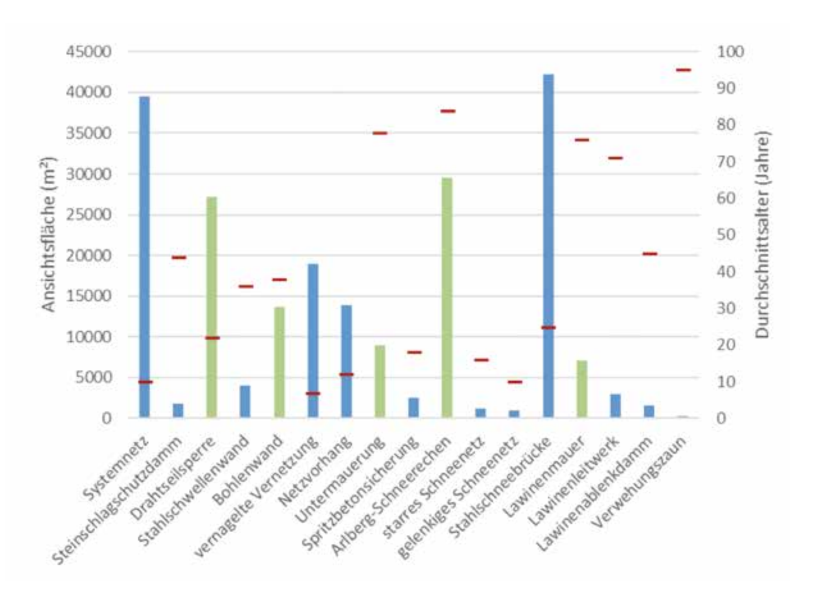


Bild 3, Menge(blaue/grüne Säule) und Durchschnittsalter (roter Strich) der ÖBB-Schutzbauwerke gegen Steinschlag und Lawine. Die grünen Säulen zeigen jene mengenmäßig relevanten Bauwerkstypen (Ansichtsfläche > 7000 m²) mit hohem Alter (Durchschnitt > 22 Jahre), welche z. T. saniert bzw. umfunktioniert werden können.

3.3.1 Bauwerke der Bauphasen 1 und 2 (1870 – 1950)

Bauwerke der Bauphasen 1 und 2 können meistens nur erhalten und saniert werden, wenn ihr Standort eine Abänderung ihrer Schutzfunktion zulässt. Ihre ursprüngliche Schutzfunktion muss in der Regel von neuen Bauwerken übernommen werden.

- Steinschlagmauern als Abrollschutz
- Fanggräben, Erdwälle und Fallböden als Abrollschutz
- Bohlenwände als Abroll-/Gleitschneeschutz (nach Sanierung mit Drahtgeflecht)
- Schneerechen als Verwehungsschutz (nach Sanierung mit Drahtgeflecht)

3.3.2 Bauwerke der Bauphasen 2 und 3 (1950 – 2000)

Die Hauptbautypen der Bauphasen 2 und 3 werden bei unveränderter Schutzfunktion zur Erhöhung ihrer Funktionstauglichkeit und Nutzungsdauer saniert oder umgerüstet.

- Steinschlagmauern: vernagelte Spritzbetonschale, vorgesetzte Netzankerwand
- Lawinenmauern: Stützrippen, vorgesetzte Netzankerwand (vgl. Bild 5a)
- Drahtseilverbauungen: Umbau zu 300 kJ-Schutznetzen

Vor allem im Lawinen-Anbruchverbau entfällt der überwiegende Anteil der Bauwerke auf die Bauphasen 2 und 3 (vgl. Bild 4). Da ein Abtrag der meist in Trockenmauerwerk ausgeführten Lawinenmauern wirtschaftlich nicht sinnvoll durchführbar ist und unsanierte bzw. mit Sturzblöcken verfüllte Bauwerke im Steilgelände selbst zur Gefahrenquelle werden können, ist hier die Wiederherstellung einer guten Zustandsklasse zielführend.

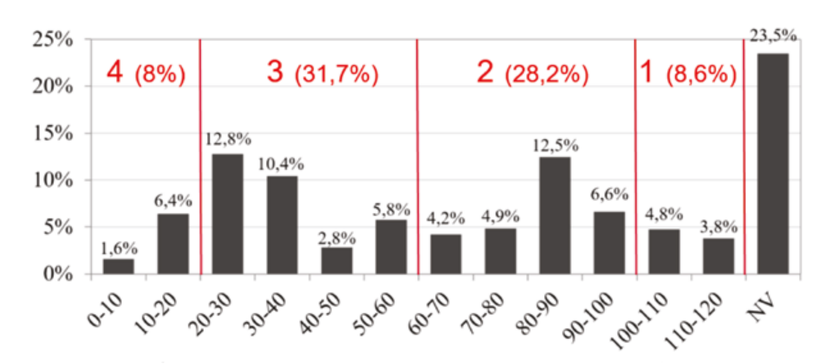
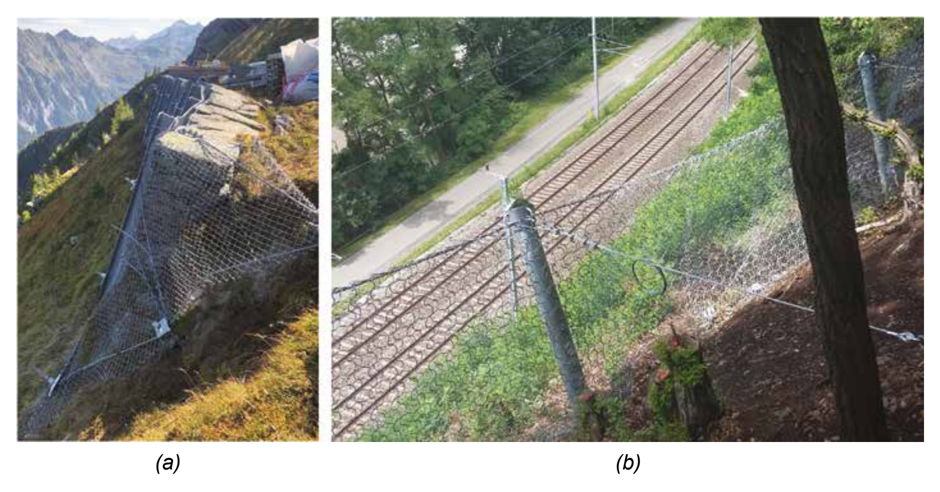


Bild 4, Altersverteilung der ÖBB-Lawinenschutzbauwerke entsprechend den Bauphasen 1 – 4.

Bei den Steinschlagschutzbauwerken erreichen die starren Drahtseilsperren nach den modernen Systemnetzen mengenmäßig den größten Anteil. Dieser Bauwerkstyp kann unter Belassung der Stützstruktur mit modernen Systemkomponenten umgerüstet werden, wobei in 1:1-Feldversuchen Energieaufnahmekapazitäten über 500 kJ erzielt wurden. Bei den ÖBB werden die

Drahtseilsperren im Analogieschluss zu den modernen Schneenetzen, welche auf eine Punktlast von 300 kJ geprüft sind, auf 300 kJ-Systeme umgerüstet. Diese Sanierungsvariante (vgl. Bild 5b) kommt daher neben dem Lawinenanbruchverbau vorwiegend in rand- und außeralpinen Steinschlag-Verbauungsgebieten zur Ausführung, in denen die Sturzenergien und Sprunghöhen entsprechend gering sind.



(a) (b)

Bild 5, (a) saniertes Bauwerk der Phase 2 (Lawinenmauer mit vorgesetzter Netzankerwand), (b) saniertes Bauwerk der Phase 3 (Drahtseilsperre umgerüstet zu 300 kJ-Steinschlagschutznetz)

4 Resümee

Voraussetzung für einen präventiven Instandhaltungsansatz sind historische Daten zum Bauwerk sowie Informationen zur kontinuierlichen, altersbedingten sowie zur zufälligen, durch Naturereignisse verursachten Degradation des Bauwerks. Da diese Daten bei den alten Bauwerken nur sehr fragmentarisch erhalten sind, ergeben sich hier Unsicherheiten bei der Ermittlung der ungefähren Ausfallzeit. Das zeigt die Wichtigkeit einer durchgehenden und historisierenden Anlagendokumentation auf. Durch eine systematische

Bauwerksinspektion, bei der Funktions- und Gebrauchstauglichkeit einer Anlage regelmäßig bewertet werden bzw. durch eine Ereignisdokumentation, in welcher Bauwerkschäden aufgenommen werden, kann die Qualität der Eingangsdaten jedoch laufend verbessert werden.

5 Literatur

[1] ÖNORM EN 13306: Begriffe der Instandhaltung. Ausgabedatum: 2018-01-15

[2] Bauinspection Innsbruck (1865): Instruktionen über die Bauausführung der Brennerbahn, Innsbruck

[3] Pfahnl, K. (1941): Die Bahnunterhaltung in bildlichen Darstellungen, Linz.

[4] EOTA (2008): ETAG 27, Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits, Brüssel

[5] ÖBB Infrastruktur AG (2016): Regelwerksgruppe 09.13 Technische Anlagen Naturgefahren, Wien.

[6] ONR 24810: Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung. Ausgabedatum: 2017-02-15

[7] ONR 24806: Permanenter technischer Lawinenschutz - Bemessung und konstruktive Ausgestaltung. Ausgabedatum: 2011-12-15

[8] Brauner M., Laimer H. J., Rachoy C. & Schönberger C. (2013): Schutz vor Naturgefahren - Sicherheitskonzept und Schutzstrategien für die Bahnanlagen der ÖBB Infrastruktur AG. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, 171: 14-24.

[9] Laimer, H. J., Müllegger, M. & Darsow, A. (2021): A New Engineering-Geological Classification Method for the Determination of Rock-Scaling Intervals Along Railways. Rock Mechanics and Rock Engineering, 55 (2022): 1055–1067.

Zustandserfassung und -bewertung von historischen Ingenieurbauwerken im Zuge eines Katastrophenereignisses

Dr.-Ing. Thomas Zumbrunnen[1], Dr.rer.nat. Kilian Scharrer[2]
[1] Staatliches Bauamt Traunstein, Abt. Georisiken,
alpine Sonderbauweisen, Tunnelbau und -betrieb, Deutschland
thomas.zumbrunnen@stbats.bayern.de
[2] iC consulenten GmbH, Niederlassung Deutschland
k.scharrer@ic-group.org

Einführung

Am 17. Juni 2021 kam es zu einem folgenschweren Starkregenereignis im Raum Berchtesgaden. Ausgangspunkt war das Tief Bernd über Belgien und Deutschland zwischen dem 12. und 19. Juli 2021, durch das warme feuchte Luft aus dem Mittelmeerraum nach Mitteleuropa geführt wurde. Die langsame Fortbewegung des Tiefs führte lokal zu extrem großen Niederschlagsmengen, die sich von Mitteldeutschland (Ahrtal) zunehmend nach Österreich und Bayern verschoben und auch hier an vielen Stellen große Schäden anrichteten. Der Höhepunkt dieses Niederschlagsereignisses im Raum Berchtesgaden war die Nacht vom 17.07. auf den 18.07.2021, mit Niederschlagsmengen von mehr als 100 mm/m² innerhalb von 24 Stunden.

Die Folge dieses Regenereignisses im Raum Berchtesgaden war ein extremer Pegelanstieg an den Flüssen im Berchtesgadener Talkessel. So stieg der Pegel der Berchtesgadener Ache innerhalb kürzester Zeit auf einen bisher noch nie gemessenen Höchststand von 3,81 m (bisheriger Höchststand 2012 bei 3,12 m).

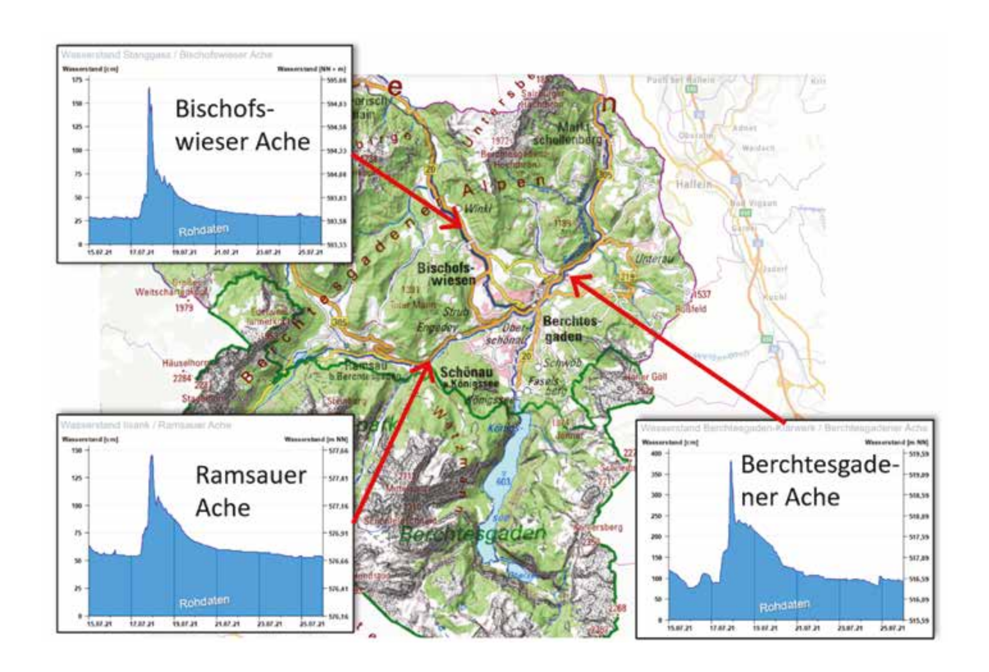


Abb. 1: Pegelverlauf von 15. – 25.07.2021 der drei Achen im Berchtesgadener Talkessel mit dem extremen Peak in der Nacht vom 17.07. auf den 18.07.2021 (Datengrundlage: Bayern Atlas und Hochwassernachrichtendienst Bayern).

Situationsbeschreibung

Neben großflächigen Überflutungen, Hangrutschen und Murereignissen im betroffenen Gebiet entstand auch ein enormer Schaden an der örtlichen Infrastruktur. Vor allem die Natursteinmauern der Deutschen Alpenstraße (Bundesstraße 305) entlang der Ramsauer-, Berchtesgadener- und Marktschellenberger Ache wurden stark beschädigt. So wurde im Bereich des Bahnhofsvorplatzes Berchtesgaden eine ca. 320 m lange Stützmauer in weiten Teilen unterspült oder komplett weggerissen.




Abb. 2: Zerstörte Stützmauer Bahnhofsvorplatz Berchtesgaden (links) und unterspülte Stützkonstruktion am Durchlassbauwerk bei Gartenau (rechts).

Im Ortsteil Gartenau bei Marktschellenberg führten die reißenden Wassermassen im Bereich eines Zuflusses zur Ache zu einer massiven Unter- bzw. Hinterspülung einer Stützkonstruktion. Dieses Bauwerk konnte durch einen kurzfristig eingebrachten Kolkschutz zwar erhalten werden, die großen Schäden hinter der Mauer (z.B. massive Unterspülungen im Fahrbahnbereich) konnten aber nicht verhindert werden.

Ein besonderes Problem stellte der ungewisse Zustand der vielen weiteren Stützmauern aus Naturstein entlang der Flussläufe nach Abebben der Hauptflutwelle dar.

Die am stärksten beanspruchten Bauwerke waren die Stützmauern entlang der Ramsauer und der Berchtesgadener Ache. Diese beiden Flüsse werden zum einen über den Hintersee, zum anderen über den Königssee mitgespeist. Insofern sinkt bei diesen Flüssen der Wasserstand nach solchen Starkregenereignissen nur langsam. Eine flussseitige Begutachtung der Mauern kann somit immer erst mehrere Tage nach einem Ereignis stattfinden.

Die parallel neben den Flüssen verlaufende Bundesstraße 305 zählt jedoch zu den wichtigsten Verkehrsadern in dieser Region. Insgesamt verläuft sie auf einer Länge von ca. 12,75 km direkt angrenzend an die Achen und ist somit potenziell von Schäden wie Auskolkungen oder Hinterspülungen betroffen. Nicht zuletzt wegen der beiden stark geschädigten Bauwerke an den Ortseingängen in Berchtesgaden und Marktschellenberg konnte eine sofor-

tige Abklärung des Bauwerkszustandes der weiteren Ingenieurbauwerke in diesen Abschnitten nicht zurückgestellt werden.



Abb. 3: Komplett unterspülte und eingestürzte Fahrbahn der B 305 als Folge der Auskolkungen

Aus diesem Grund wurde entschieden, alle flussparallelen Straßenbereiche im gesamten Berchtesgadener Talkessel, zwischen Ramsau und der Landesgrenze in Marktschellenberg mithilfe eines drohnengestützten Laserscanners (LIDAR) unmittelbar nach dem Ereignis zu befliegen und zu vermessen.

Aufnahmemethode / gewonnene Daten

Für die Zustandserfassung der insgesamt ca. 12,75 km langen, flussparallelen Abschnitte der Bundesstraße stand nur ein kurzes Zeitfenster zur Verfügung, um möglichst schnell potentielle Gefahrenstellen zu erkennen. Die Daten sollten einerseits die betroffenen Bereiche umfassend abdecken und andererseits eine hohe Auflösung und Genauigkeit bieten, um Schäden wie Absenkungen oder Unterspülungen auch im Zentimeterbereich erfassen zu können.

Dies konnte durch den Einsatz einer drohnengestützten, kombinierten LIDAR / Photogrammetrischen Befliegung erreicht werden. Bei dieser fortschrittlichen Aufnahmemethode werden auf der Drohne ein Laserscanner und eine hochauflöse Kamera installiert, die synchron aufzeichnen können.

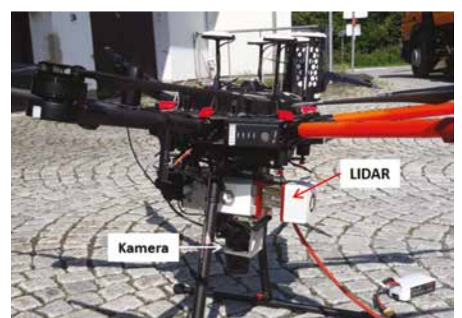




Abb. 4: Die eingesetzte Drohne mit Sensorik während der Befliegung

Somit können zeitgleich hochauflösende Orthofotos und sehr präzise 3D-Punktwolken erfasst werden. Eine Lagegenauigkeit im niedrigen Zentimeterbereich ist auch ohne Passpunkte am Boden allein durch eine hochgenaue (mm-Bereich) Echtzeitlagebestimmung der Drohne sichergestellt. Im vorliegenden Fall wurden alle betroffenen Abschnitte der B305 binnen zwei Tagen, kurz nach dem Extremereignis aufgezeichnet, anschließend sofort prozessiert und ausgewertet. Somit konnten, trotz noch anhaltend hoher Pegelstände der Flüsse, bereits wenige Tage nach dem Ereignis gezielt Schäden und Gefahren entlang der Bundesstraße im gesamten Berchtesgadener Talkessel lokalisiert und vollumfänglich erfasst werden. Neben Schäden an den Stützbauwerken wurden z.B. auch Schäden am vorgelagerten Kolkschutz von Stützmauern detektiert. Speziell die hochauflösenden Orthofotos haben sich bei dieser Auswertung bewährt. Für die Schadensanalyse wurde als Referenz in diesem Fall meist auf die Orthofotos der aktuellen Bayernbefliegung (20 cm Auflösung) zurückgegriffen, die den Umfang des Kolkschutzes vor dem Schadensereignis gut zeigen.

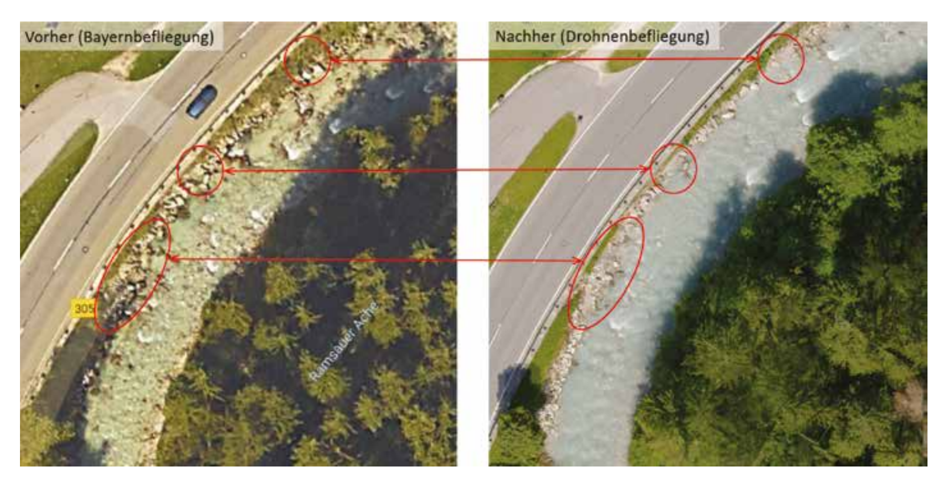


Abb. 5: Vorher-Nachher-Vergleich der Orthofotos der Bayern- und der Drohnenbefliegung mit Fehlstellen im Kolkschutz



Abb. 6: Sanierung des Kolkschutzes des in Abbildung 5 dargestellten Bereiches im August 2021

Auf Basis der Auswertungsergebnisse wurden insgesamt fünf Bereiche identifiziert, bei denen umgehender (August 2021) Handlungsbedarf bestand, um

eine weitere Unterspülung bei nachfolgenden Hochwässern zu verhindern. Die Daten dienen darüber hinaus als Grundlage für alle nachfolgend geplanten, umfassenden Ertüchtigungen der Uferbefestigungen bzw. der Verbauungen der flussparallelen Straßenabschnitte.

Fazit

Mithilfe der Befliegungsdaten, die das gesamte Straßenumfeld abdeckten, konnte gezielt nach Schäden und Gefahren gesucht werden. Die hochauflösenden LIDAR-Punktwolken und die aktuellen Orthofotos ermöglichten auch eine gute Quantifizierung des gesamten Schadensumfangs. Unterspülungen, Auskolkungen, erodierte Bereiche an den Uferbereichen und vor den Stützmauern konnten aufgefunden, gezielt begutachtet und im Anschluss schnell einer Sanierung zugeführt werden.

Somit bleibt festzuhalten, dass mit den vorgestellten, neuen Untersuchungsmethoden eine umfassende Quantifizierung der Auswirkungen und Schäden von Extremereignisses deutlich verbessert und beschleunigt werden kann. Die so gewonnenen Daten helfen bei einer Rekonstruktion und Analyse des Ereignisses, beschleunigen den Wiederaufbau zerstörter Bauwerke und sind ein großer Gewinn für eine spätere, zielgenaue Schutzmaßnahmenplanung.

Autorenangaben

Dr. Thomas Zumbrunnen
Staatliches Bauamt Traunstein
Abteilung für Georisiken, alpine Sonderbauweisen, Tunnelbau und -betrieb
Rosenheimer Straße 7, 83278 Traunstein, Deutschland
thomas.zumbrunnen@stbats.bayern.de

Dr. Kilian Scharrer
iC consulenten GmbH
Niederlassung Deutschland
Gewerbering 5, 86926 Greifenberg, Deutschland
k.scharrer@ic-group.org

Organisatorische Bewältigung von Großhangbewegungen in Oberösterreich: Gschliefgraben 2007 und Höhenberg 2013

HR DI Wolfgang Gasperl
Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung,
Sektion Oberösterreich, Linz
wolfgang.gasperl@die-wildbach.at

Einleitung und Rechtliches

Die Wildbach- und Lawinenverbauung ist eine Bundesdienststelle, gegründet durch ein Reichsgesetz 1884, verankert in der Bundesverfassung 1925 Art. 10 und definiert sowohl hinsichtlich ihrer Standorte als auch ihrer Aufgaben im Forstgesetz 1975.

Katastrophenschutz ist grundsätzlich Ländersache. Wie in einem föderalistischen Staat üblich, gibt es dafür dementsprechend in jedem Bundesland unterschiedliche gesetzliche Regelungen. Schon die Titel spiegeln die Vielfalt föderalen legistischen Einfallsreichtums wider: einmal Katastrophenschutzgesetz (OÖ), ein andermal Katastropheneinsatzgesetz dann wieder Katastrophenhilfsdienstgesetz oder auch Katastrophenmanagementgesetz (Tirol) und Katastrophenhilfegesetz (Vbg).

Da auch die Inhalte und Ausführungsregeln von Bundesland zu Bundesland verschieden sind, ist für die praktische Katastrophenbewältigung eben auch die Anpassung an die örtlich geltenden Regeln eine wesentliche Entscheidungsfrage.

Die Wildbach- und Lawinenverbauung ist keine Einsatzorganisation im eigentlichen Sinn und zählt auch nicht zum Katastrophenhilfsdienst oder den anerkannten Hilfsorganisationen im Katastrophenfall (in OÖ). Das galt und gilt

es hinsichtlich der rechtlichen Hintergründe und Absicherung eines Einsatzes zu beachten. Aufgrund der Regionalität der WLV und der Ortskenntnis ihrer Mitarbeiter wird sie jedoch in allen Fällen vom Einsatzleiter beigezogen, wenn die Katastrophe durch eine jener Naturgefahren ausgelöst wird, für die die WLV auch präventiv und im Sachverständigendienst zuständig wäre.

Dies erfolgt im Rahmen der Amtshilfe und ist förderungsrechtlich durch die Bestimmungen des Wasserbautenförderungsgesetzes „Sofortmaßnahmen“ abgesichert.

Nachdem es im Zuge von Katastrophen und Katastropheneinsätzen von Natur aus zu Schäden und auch zu Schädigungen durch gesetzte oder auch nicht gesetzte Maßnahmen kommt, ist die Kenntnis und Einhaltung der jeweiligen Landesgesetze zum Katastropheneinsatz insbesondere für spätere Haftungsfragen und eventuelle Schadensersatzforderungen von Bedeutung.

Besonderheit von Großhangbewegungen

Eine Großhangbewegung in der Form eines Erd-Schuttstromes, wie die beiden hier zu beschreibenden Beispiele, ist eine eher untypische Katastrophe, da das Ereignis nicht schlagartig passiert und rasch wieder vorbei ist wie etwa eine Mure, eine Flutwelle, ein Felssturz oder eine Lawine, sondern sich im Gegenteil meist jahrelang vorher ankündigt und die Kulmination des Ereignisses schwer determinierbar bzw. von verschiedensten Faktoren beeinflusst ist.

Auf ein derart spezielles Ereignis konnten/können daher auch die landesspezifischen Katastropheneinsatzgesetze nicht vorbereitet sein und führte dies dort wie auch in der medialen Berichterstattung zu einigen Missverständnissen und Verwirrung.

Innerhalb einer „normalen“ Katastrophe unterscheidet man 3 Phasen: die Akutphase, die Reaktionsphase und die Stabilisierungsphase. Im Allgemeinen ist die Akutphase von kurzer Dauer und können die Kräfte in der Reaktionsphase bereits gebündelt dort eingesetzt werden, wo der durch die Akutphase hinterlassene Schaden am größten ist. Diese Reaktionsphase geht fließend in

die Stabilisierungsphase über, wenn Evakuierungen aufgehoben und normale Lebensverhältnisse wiederhergestellt/geschaffen werden können.

Im Unterschied dazu baut sich bei derart großflächigen Kriechbewegungen die Akutphase über eine lange Zeit mehr und mehr auf und ist auch nicht zu jedem Zeitpunkt vorhersehbar, in welche Richtung sie sich weiterentwickelt oder mit welcher Intensität noch gerechnet werden muss. Alleine dieser Umstand macht die Vorbereitung auf eine geordnete Reaktionsphase schwierig und verlangt von allen handelnden Akteuren ein besonders großes Maß an Flexibilität sowie permanentes Monitoring.

Einsatzplanung

Für einen derartigen Einsatz gab/gibt es kein Standardrezept, sondern musste gemäß den Gegebenheiten und Entwicklungen jede gesetzte Maßnahme erst durch die Beobachtung geeicht bzw. neu angepasst werden. Beispielsweise hätte durch den speziellen Mechanismus der Bewegungen eine rasche Abfuhr von bewegtem Material aus dem oberen Einzugsgebiet nur zu einer Beschleunigung der Bewegung geführt, da das Gegengewicht an der aufsteigenden Stirne entfernt worden wäre. Zum Zeitpunkt der Katastrophe im Gschliefgraben war die Methode des Airborn Laserscannings noch nicht weit verbreitet und Drohnen für fotografische und Scanaufnahmen noch nicht entwickelt. Deshalb lag die Hauptlast des Monitorings in der GPS-Vermessung vor Ort und der optischen Ansprache und Dokumentation der Rissentwicklung.

Autorenangabe

Dipl.-Ing. Wolfgang Gasperl
Forsttechnischer Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung
Sektion Oberösterreich
Schmidtorstraße 2, 4020 Linz
wolfgang.gasperl@die-wildbach.at









- ***FARFALLA Böschung***
  - *Straßen- und Forstwegebau*
  - *Sanierung von Rutschungen*
  - *Schneller und einfacher Einbau*
  - *Erhältlich in 2 Baugrößen*
- ***FARFALLA Bach- und Runsenverbauung***
  - *Stabilisierung von Gerinnen (Bächen / Runsen)*
  - *Alternative zu Sperren aus Holz*
  - *Schneller und einfacher Einbau*
  - *Erhältlich in 3 Baugrößen*
- ***Lawinenschutzbauten aus Stahl***
  - *Stahlschneebrücken Dk-2,0 bis Dk-5,0*
  - *Triebschneewände*
  - *Lawinenablenkwände*
  - *Lawinenablenkkeile*
  - *Gleitschutzböcke GSB-1,5*
- ***Stahlwasserspulen***
  - *Selbstreinigend*
  - *Längen 4 bis 6 Meter*





Mair Wilfried Gmbh | I-39030 St. Lorenzen | www.mairwilfried.it

Block 3

Lawinenschutzbauwerke

Vorsitz Dr. Jan-Thomas Fischer

Institutsleiter Bundesforschungszentrum für

Wald (BFW), Institut für Naturgefahren, Innsbruck

Rekonstruktion von historischen Lawinenereignissen im Ersten Weltkrieg an der Italienfront

DI Siegfried Sauermoser
ehem. Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol, Innsbruck
s.sauerm.sz@aon.at

1 Einleitung

Im Mai 1915 erklärte Italien Österreich-Ungarn den Krieg. Dies führte zu einer mehrere hundert Kilometer langen Frontlinie, die von den Ortleralpen im Westen über die Adamello-Presanellogruppe, Gardaseeberge, Vizentiner Alpen, Fleimstaler Alpen, Dolomiten, Karnischen Hauptkamm bis zu den Julischen Alpen im Osten führte. Zahlreiche Mythen umranken diesen Krieg gegen Italien, der bis zum Jahre 1918 dauerte. Unter anderem kann man in zahlreichen historischen wie lawinenfachlichen Publikationen nachlesen, dass während dieser Zeit bis zu 60 000 Lawinenopfer zu beklagen waren und dass mehr Opfer durch Lawinen als durch unmittelbare Feindeinwirkung aufgetreten waren. Um diesen Mythen auf den Grund zu gehen und sie kritisch zu hinterfragen wurden umfangreiche Recherchen in vielen Archen, vor allem im Kriegsarchiv in Wien und Begehungen vor Ort durchgeführt, um die lawinenrelevanten morphologischen Gegebenheiten zu beurteilen.

2 Die Lawinensituationen

Zwei Drittel der ca. 700 km langen Front verliefen über Gebirgsregionen über einer Seehöhe von 2000 m. Seitens der Militärs gab es strikte Befehle, die im Sommer eroberten Gebiete auch im Winter zu halten, was dazu führte, dass sich zahlreiche Personen im hochwinterlichen Hochgebirge aufhalten muss-

ten und diese insbesondere für Nachschub- und Verpflegungstätigkeiten eine hohe Mobilität aufwiesen. Diese Umstände führten zu zahlreichen kritischen Lawinensituationen während dieser Zeit.

2.1 Winter 1915/16

Dieser Winter begann zwar früh, war aber in Summe äußerst schneearm und überdurchschnittlich warm.[1] Erst in den letzten Februartagen und vor allem im März gab es intensive Niederschläge, die zu zahlreichen Lawinenopfern führten. Insgesamt wurden während dieser Periode 1248 Lawinentote im Rahmen der K.u.k. Armee gemeldet.[2] Erschwerend zu den späten Niederschlägen erwiesen sich der bis dahin sehr labile Schneedeckenaufbau in höheren Lagen und die Unerfahrenheit der zahlreichen Soldaten an der Front.

2.2 Winter 1916/17

Dieser Winter ist als der eigentliche Katastrophenwinter bekannt und häufig beschrieben. Besonders der 13. Dezember 1916 wird als der Katastrophentag genannt, an dem mehrere tausend Soldaten durch Lawinen ums Leben kamen. Die Schneeberichte des K.k. Hydrographischen Dienstes für den Winter 1916/17 zeigen allerdings, dass der Winter bereits im November mit intensiven Niederschlägen begann, welche sich dann im Dezember noch einmal steigerten.[3] Im Jänner und noch einmal im April 1917 kam es wiederum zu heftigen Schneefällen, welche in Summe zum niederschlagsreichsten Winter des Südalpenraumes während der gesamten Messperiode führten. In

1 K.k. Hydrographischer Dienst in Österreich, Wochenberichte über die Schneebeobachtungen im Österr. Rhein-, Donau-, Oder- und Adriagebiete für den Winter 1915/16;

2 S.Sauermoser 2020: Lawinenkundliche Analyse der Lawinenereignisse an der Italienfront im Ersten Weltkrieg 1915-1918; Dissertation UNI für Bodenkultur, 2020, S 130.

3 K.k. Hydrographischer Dienst, Wochenberichte über die Schneebeobachtungen im Österr. Rhein-, Donau-, Oder- und Adriagebiete für den Winter 1916/17;

der Station Obertilliach (SH 1446 m) konnte am 18. Jänner 1917 eine absolute Schneehöhe von 355 cm gemessen werden.[4]

Obwohl die K.u.k. Armee nach den Lawinenereignissen im Februar und März 1916 zahlreiche Vorkehrungen zur Lawinensicherung getroffen hatte, wurden sie von der Heftigkeit dieses Winters überrascht.

Bei zahlreichen Lawinenereignissen wurden in diesem Winter 2.517 Lawinenopfer gemeldet, sodass man in Summe davon ausgehen kann, dass es ca. 3.700 bis 4.000 Lawinenopfer auf Seiten der K.u.k Armee während des Krieges gegeben hatte.[5] Die Anzahl der gemeldeten Lawinenopfer ist nicht jene der tatsächlichen Opfer, da davon ausgegangen werde muss, dass nach einer Lebendbergung noch Personen gestorben sind oder auch als vermisst gemeldete Personen später noch geborgen werden konnten. Es war auch nicht immer ganz klar, wie viele Personen überhaupt verschüttet waren, weshalb eine exakte Opferstatistik nicht möglich ist. Die erhobenen Zahlen zeigen jedenfalls eine deutliche Abweichung von den vielfach 60 000 genannten Lawinenopfern.

Der Mythos der 60.000 Lawinenopfer konnte damit deutlich widerlegt werden. Urheber der Zahl ist wahrscheinlich Wilhelm Paulcke, der aber nie von Lawinentoten, sondern von 60.000 Schneetoten gesprochen hatte.

3 Rekonstruktion historischer Lawinenereignisse an der Südwestfront 1915 – 1918

Grundsätzlich gilt es bei der Rekonstruktion von historischen Ereignissen die sog. „Historische Methode“ anzuwenden. Diese kann das Studium von Akten, Chroniken, Bildern oder die sog. „Oral history“ enthalten. Unter Oral history bezeichnet man die Rekonstruktion von historischen Ereignissen an Hand von Augenzeugenberichten. Davon gibt es für den Ersten Weltkrieg leider keine mehr. Erzählungen, die von Generation zu Generation weiter gegeben wurden, werden immer unzuverlässiger und sind mit Vorsicht zu beurteilen.

4 F. Fliri 1992: Der Schnee in Nord- und Osttirol 1985 – 1991; UNI-Verlag Wagner

5 S. Sauermoser 2020: Lawinenkundliche Analyse der Lawinenereignisse, S 130

Die Interpretation von „Stummen Zeugen“, das sind Spuren vergangener Ereignisse, bilden ebenfalls einen wichtigen Teil der Historischen Methode. Aus diesem Grunde war es auch notwendig, die wichtigsten beschriebenen Lawinenorte vor Ort zu besichtigen und potentielle Lawinengebiete auszuscheiden bzw. zu bewerten. Stumme Zeugen finden sich heute noch in Vegetationsspuren in Form von Waldschneisen oder Gedenksteinen für gefallene Soldaten. Eine wesentliche historische Quelle bilden zeitgenössische Bilder, welche auch im Rahmen des Aktenstudiums gefunden werden konnten.

Die umfangreichste Aktensammlung über den Ersten Weltkrieg findet sich im Kriegsarchiv in Wien. Weitere Akten befinden sich im Tiroler Landesarchiv und in mehreren Museen, wie zB in Kötschach-Mauthen oder in Rovereto im Trentino. Überraschenderweise konnten im Rahmen dieser Akten zahlreiche Lawinenberichte, Lawinenstatistiken und Graphiken gefunden werden. Dies deutet darauf hin, dass man sich intensiv mit der Problematik der Lawinen auseinander gesetzt hatte. So gab es eindeutige Befehle, jedes Lawinenereignis graphisch und beschreibend zu erfassen und an die vorgesetzten Kommanden zu melden. Die Lawinenskizzen und Beschreibungen sind unterschiedlicher

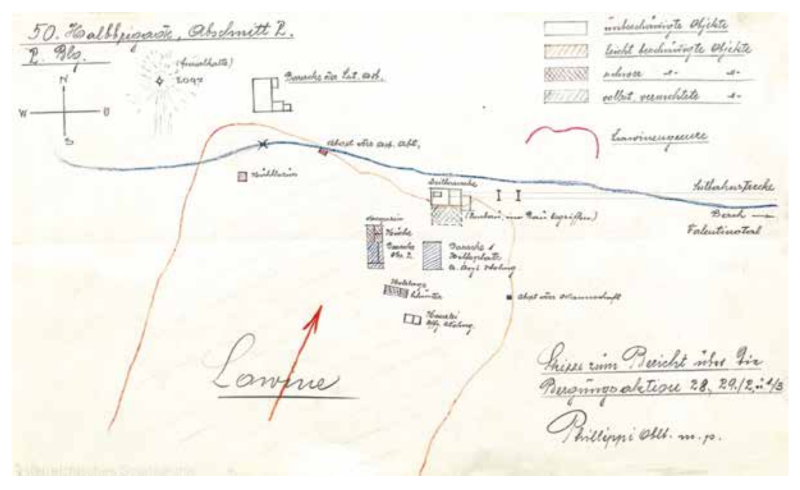


Bild 1, Skizze der Lawine, welche am 24. Februar 1916 auf Hochalpe im Valentiontal niederging und 11 Todesopfer forderte.
Quelle: OeStA Fa NFA 1058 RKIII, Op.Akten 1.–31. März 1916

Qualität, zum Teil aber sehr genau und würden auch heutigen Erhebungsmethoden entsprechen. Als Beispiel sei die Lawine Hochalpe im Valentinotal genannt, welche am 24. Februar 1916 niederging und elf Todesopfer forderte.

Zehn Lawinenereignisse konnten auf Basis der Kriegsakten gefunden werden, bei denen mehr als 50 Opfer zu beklagen waren. Grundlage der Rekonstruktion waren Lawinenberichte, Kriegsakten, Gedenktafeln und eine Geländeinterpretation in der Natur. In Rahmen des Beitrages wird kurz auf einige dieser Lawinen eingegangen.

Die Lawine, welche die meisten Opfer forderte, ereignete sich auf der Marmolata Nordabdachung am 13. Dezember 1916. Dabei wurde das Versorgungslager Gran Poz zerstört und ca. 230 bis 250 Lawinenopfer waren zu beklagen. Die Zahl der Opfer konnte deshalb nicht genau eruiert werden, da nicht ganz klar war, wie viele Personen sich überhaupt in dem Lager aufgehalten hatten, nachdem vorher schon andere Lager evakuiert werden mussten.

Erhaltene Lawinenskizzen in den Akten lassen eine Rekonstruktion der Lawine sehr gut zu. Seitens der alpinen Referenten in dem Lager wurden Sicherheitsbedenken beim Divisionskommando angemeldet, eine frühzeitige Räumung des Lagers wurde aber vom Divisionskommando aus militärischen Gründen strikt abgelehnt.



Bild 2, Lawine Gran Poz vom 13. Dezember 1916

Am 13. Dezember nachmittags berichtete dazu das Kommando der 179. Infanteriebrigade an das Kommando der 90. Infanterietruppendivision:

> *„Die über das Gletscherkommando niedergegangene Staublawine hat sich, wie erhoben wurde, bereits um 6 h vm von der Höhe von 3100 m losgelöst und traf mit voller Wucht ihrer riesigen Dimension zunächst die Unterkünfte der im Reserveverhältnis bei Gran Poz befindlichen halben 2. Komp. Diese Unterkunft wurde vollkommen zerquetscht. In weiterer Folge traf die Lawine etwas nach lins abgelenkt das Gletscher- und Gruppenkommando und die Unterkünfte der Trägerabteilung, bei welchem das Kommandogebäude, alle Küchen und die elektrische Anlage vollkommen zerstört wurden. Weiterfahrend hat die Lawine den Hilfsplatz Baranchie gestreift und zum Teil beschädigt, weiters die obere Station der zerstörten Drahtseilbahn Pian Trevisan – Baranchie verlegt. Erhalten geblieben sind die Unterkünfte der ehemaligen Sapp. Halbkompanie Oblt. Handl, die Drahtseilbahnstation Gran Poz und zwei in dortiger Nähe gelegene Magazinsräumlichkeiten sowie der größte Teil des Hilfsplatzes, dessen Absperrung bereits behoben ist. Bisher Hptm Schmid, Lt Gatti, des Lsch. Baons, Lt Kofler der Sapp. Halbkompanie, sowie 25 Leute des Lsch. Baons und der Träger lebend geborgen. Bisher unbekannte Zahl Schwer- und Leichtverletzter im Seilbahntransport nach Pian Trevisan begriffen. In den zerstörten Unterkünften der 2. Lsch.-Komp. und der Träger sind zahlreiche Tote zu gewärtigen, da ein entsetzlicher Schneesturm sowie das Nachrieseln anderer Lawinen die Rettungsarbeiten äußerst erschwert und die Rettungsmannschaften selbst in Lebensgefahr bringt.“*[6]

Auf Golobar in den Julischen Alpen zerstörte eine Lawine am 2. April 1917 ebenfalls ein Lager und forderte 129 Lawinenopfer. Fundamentreste dieses Lagers können heute noch gefunden werden. Der Ausgangspunkt der Lawine ist nur zu erahnen.

---

6 Ebd.S 142



Bild 3, Lager Golobar in den Julischen Alpen; am 2. April 1917 ereignete sich in dem Bereich eine Lawine mit 129 Todesopfern

Am 3. April meldete die K.u.k. 10. Armee: „*von den am 2.4. Verschütteten wurden 1 Offz. und 2 Mann lebend, 1 Offz. und 11 Mann tot geborgen; vermisst werden noch 1 Offz. und ca. 153 Mann, für deren Leben jedoch keine Hoffnung mehr besteht.*“

Am 4. April waren schon zwei Offiziere und 19 Mann lebend, 29 Mann tot geborgen, vermisst wurden noch ein Offizier und ca. 100 Mann. In den Meldungen der 93. Infanteriedivision an das Kommando der K.u.k. 10. Armee wurde am 3. April berichtet, dass noch sechs Leichen geborgen werden konnten und nun keine Hoffnungen auf die Bergung noch Lebender bestand. Allerdings wurden auch noch am 4. April zwei Mann lebend geborgen, es wurden auch noch mehrere Stimmen (vier bis fünf Mann) in der Lawine gehört. Offensichtlich hatten sich in der zerstörten Baracke Hohlräume gebildet, die ein längeres Überleben ermöglichten. Die Bergungsarbeiten in Golobar dauerten noch einige Tage an, wurden mehrmals wegen feindlichem Beschuss und Schlechtwetter unterbrochen. Meldungen über die Bergung weiterer Lebender liegen keine vor. Es konnten auch keine weiteren Informationen über dieses Lawinenereignis gefunden werden.

Das Lawinenereignis mit der drittgrößten Opferzahl ereignete sich am 11. März 1916 im Wolajertal im Karnischen Hauptkamm, Aktenberichte mit einer guten Beschreibung des Anbruchgebietes und ein Soldatenfriedhof bezeugen dieses Ereignis.

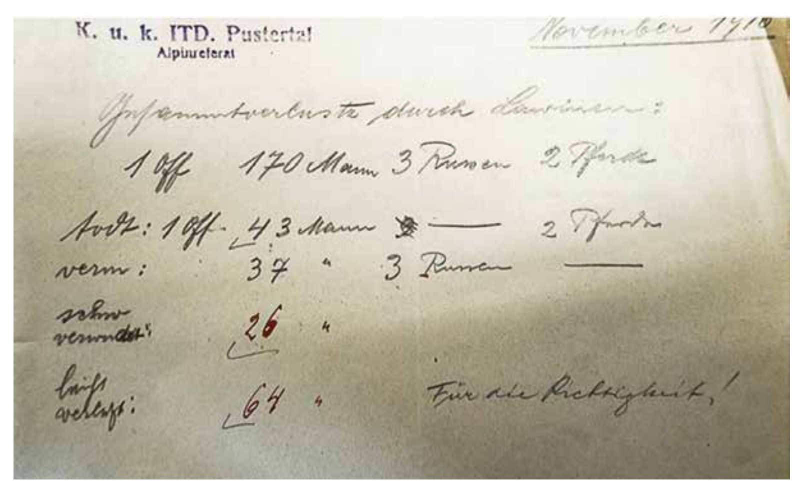
Weitere Lawinen mit großen Opferzahlen traten am Tonalepass, im Frohntal und am Nassfeld (Karnische Alpen), im Krn-Gebiet und Mojstrovkapass (Julische Alpen), auf der Malga Bolengita (Fleimstaler Alpen) und am Mte. Piano Westhang (Dolomiten) auf.

Vielfach wurde auch von Fachleuten vor Lawinen gewarnt, aber die militärischen Führer ignorierten oft diese Warnungen und bestanden auf die militärische Notwendigkeit von Operationen in Lawinengebieten. Am Mojstrovkapass hatte Mathias Zdarsky vor der Errichtung einer viel zu schwachen Lawinengalerie an der Scheitelhöhe des Passes gewarnt, allerdings vergeblich. Die Galerie wurde am 8. März 1916 von einer Lawine zerstört, 86 Mann wurden dabei getötet.



Bild 4, Zerstörte Lawinengalerie am Mojstrovkapass in den Julischen Alpen

Besonders tragisch verlief auch das Lawinenereignis am Monte Piano Westhang am 5. März 1916. Zwei Mann wurden von einer Lawine verschüttet, 150 Mann eilten zu Hilfe, um die zwei Verschütteten zu retten, 70 davon wurden von einer Folgelawine verschüttet und getötet.
Die meisten Lawinenopfer waren in den Lagern zu beklagen, vielfach wurden aber auch Patrouillen und vor allem Träger von Lawinen überrascht. Vor allem die Lawinenereignisse des ersten Kriegswinters sind ausgezeichnet durch Skizzen dokumentiert. Hier hatte man offensichtlich noch die Zeit und den Willen einer guten Dokumentation. In den stürmischen Ereignissen des Dezembers 1916 war dies nicht mehr möglich, es wurden häufig nur noch truppenweise Lawinenverluste ohne genauere Angaben gemacht.


K. u. k. ITD. Pustertal
Alpinreferat

November 1916

Gesamtverluste durch Lawinen:
1 Off 170 Mann 3 Russen 2 Pferde
todt: 1 Off 43 Mann — 2 Pferde
verm: 37 " 3 Russen —
schw verwundet: 26 "
leicht verletzt: 64 "
Für die Richtigkeit!

Bild 5, Lawinenopfer November 1916, k. u. k. ITD Pustertal;
Quelle: OeStA/KA FA NFA 2728 49. ID. Alpines Referat 1915–17;

4 Zusammenfassung

Durch umfangreiches Studium der Akten des Ersten Weltkrieges und zahlreiche Begehungen vor Ort kann gezeigt werden, dass die herrschenden Mythen zu Lawinenopfern im Ersten Weltkrieg nicht stimmen. Vielmehr wur-

de ersichtlich, dass die Kommanden die Lawinengefahr sehr ernst nahmen, dieser aber, bedingt durch extreme Wetterverhältnisse, nicht gewachsen waren. Zur Tatsache, dass sich sehr viele Personen während kritischer Zeiten in Lawinengebieten bewegten, kam noch der Umstand, dass mit dem Winter 1916/17 der extremste Schneewinter des Südalpenraums auftrat. Diese Fakten, gepaart mit dem damals noch eher bescheidenen Lawinenwissen führten zu ca. 3700 Lawinenopfern auf der österreichischen Seite der Front, was aber bei weitem nicht jenen Zahlen entspricht, die in der Literatur kursieren.

5 Literatur

K.k. Hydrographischer Dienst, Wochenberichte über die Schneebeobachtungen im Österr. Rhein-, Donau-, Oder- und Adriagebiete für den Winter 1915/16.

K.k. Hydrographischer Dienst, Wochenberichte über die Schneebeobachtungen im Österr. Rhein-, Donau-, Oder- und Adriagebiete für den Winter 1916/17.

F. Fliri1992: Der Schnee in Nord- und Osttirol 1985 – 1991; UNI-Verlag Wagner.

S. Sauermoser 2020: Lawinenkundliche Analyse der Lawinenereignisse an der Italienfront im Ersten Weltkrieg 1915-1918; Dissertation UNI für Bodenkultur, 2020.

Beobachtungen und Analysen von Lawinenschutzbauten nach Ereignissen – Herausforderungen für die Zukunft

DI Matthias Granig

Wildbach- und Lawinenverbauung / Fachbereich Lawinen,

Sektion Tirol, 6020 Innsbruck

matthias.granig@die-wildbach.at

---

1 Einleitung

Starke Lawinenaktivität wurde im Jan. 2018 besonders im Tiroler Oberland verzeichnet. Durch die stetige Folge von Schneefalltagen wurden im Jan. 2019 quer entlang des nördlichen Alpenbogens (siehe Bild 1) eine Reihe von Lawinenereignissen dokumentiert. Und bereits zu Beginn des Winters, im

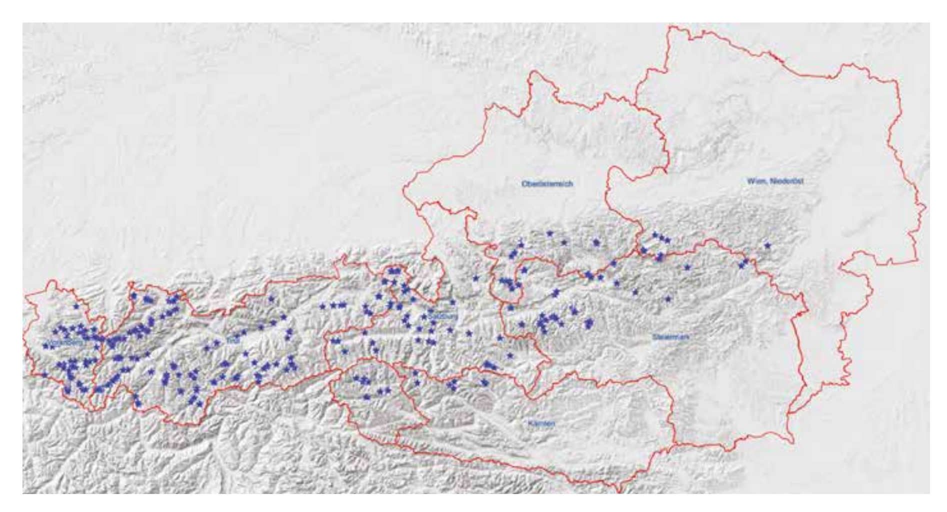


Bild 1, Lawinenereignisse im Siedlungsbereich 2019 (WLK, Erdok 2019)

Dez. 2020, wurden in Osttirol und Oberkärnten neuerlich zahlreiche Lawinen aufgenommen. Vielfach führten intensive Schneefälle mit starker Bewindung zu den Lawinenauslösungen. Die Schutzbauten haben sich dabei generell bewährt, obwohl teilweise Rekordschneemengen gemessen wurden. Es konnten zum Großteil größere Schäden verhindert werden. Das Bild 1 verdeutlicht die Lawinen-Ereignisverteilung im Jänner 2019 aufgrund der Nordwestströmung besonders in den Nord- und Zentralalpen.

Obwohl die Gesamtschneemenge über die gesamte Saison verteilt in den letzten Jahren stetig abnimmt, wurden enorme Schneehöhen in sehr kurzer Zeit besonders in den höheren Lagen gemessen. Als Beispiel darf hier Obertilliach in Osttirol im Dezember 2020 angeführt werden, wo innerhalb von 4 Tagen knapp 2m Neuschnee gemessen wurde. Dieser Wert wurde im Talbereich und ohne signifikante Bewindung gemessen. Damit wird verdeutlicht, dass in exponierten Lagen über 2000m Seehöhe schnell enorme Schneehöhen erreicht werden. Dies spiegelt sich unter anderem auch in den Verfüllungen der bestehenden Lawinenstützverbauungen wider, die gebietsweise stark beansprucht worden sind (siehe Bild 2).



Bild 2, Intensive Bewindung führt zu starker Verfüllung der Anbruchverbauungen (Beispiel Sellraintal)

2 Diskussion der Einwirkungen auf die Verbauungen

Trotz des glimpflichen Verlaufes der letzten Winter im Siedlungsbereich waren gerade nach dem Gleitschneewinter 2018/19 einige Schäden an den Verbauungen zu verzeichnen. Im Rahmen der laufenden Überwachung (LÜ nach ONR 24807) wurden die Schutzbauwerke nach den Ereignissen systematisch begangen und begutachtet. Hier bewähren sich die Wasserverbände, die systematisch mit eigenem Personal jährlich die Verbauungsreihen begehen und Schäden erheben.

Nach der Ausaperung wurden im Sommer 2019 bei Lawinenanbruchverbauungen einige Schäden festgestellt, die umgehend saniert werden mussten. Da die Schäden zumeist im Baufeld verstreut auftraten, ergaben sich bis ca. 50% höhere Sanierungskosten im Vergleich zu Neuerrichtungen. Baufelder bzw. Bauwerke nach der ONR 24806 wiesen kaum Schäden auf.



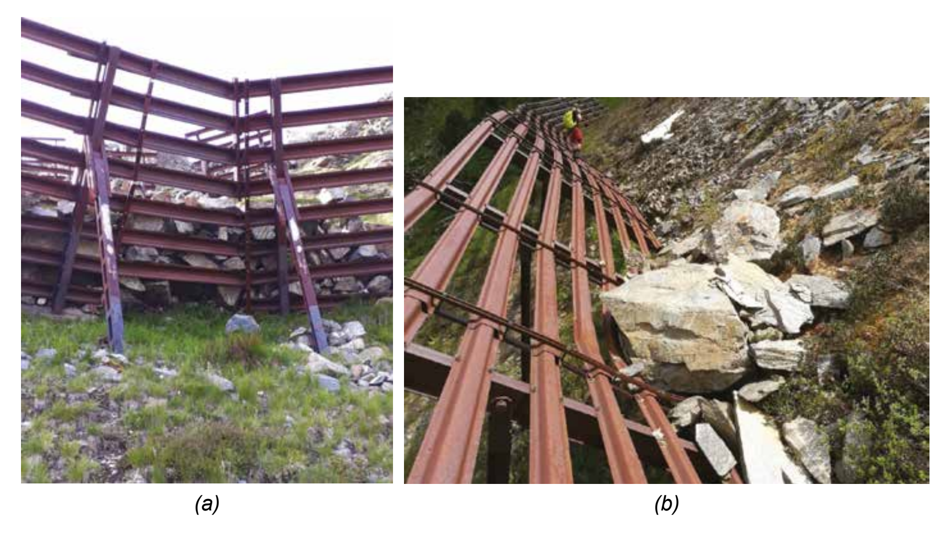
(a) *(b)*

Bild 3, (a) Ausgleiten der Stützen infolge Überlastung,
(b) Fortschreitende Erosion im Bereich Stützenplatten

Beispielhaft wird der Mindestabstand von 30 cm von der Bodenplatte zum Urgelände angeführt, sowie die Hinterfüllung der Stützenfundierung, um ein Ausgleiten der Stütze auch im Überlastfall zu verhindern. Der Mikropfahlbock zur Fundierung des Trägers hat sich bewährt. Auch die aktuell gültigen Werksabstände aus ONR 24806 werden als ausreichend eingestuft.

Damit zeigt sich die ON-Regel als ein gutes Werkzeug zur Qualitätssicherung. Die Erfahrungen flossen in die Überarbeitung der WLV-Amtstype für Stahlschneebrücken sowie die neue ÖNORM B4801 ein, um die beobachteten Einwirkungen entsprechend zu berücksichtigen.

Das Auftauen der Permafrostböden bringt Probleme durch Steinschläge und kleinere Rutschungen. Aber auch generell geologisch instabile Bodenschichten, die – infolge der enormen Belastungen – gerade bei größeren Werkshöhen zu einem „Absacken“ der Fundierungen der Stützwerke führen. Nach starken Wintern bzw. Ereignissen müssen entsprechende organisatorische, personelle und monetäre Ressourcen berücksichtigt werden, um rechtzeitig die Instandhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen vor allem älterer Baufelder durchführen zu können. Derzeit ergeben sich innerhalb der Gebietsbauleitungen der WLV Aufwendungen in der Größenordnung von ca. 5–10% des Jahresbudgets für Sanierungen.



(a) *(b)*

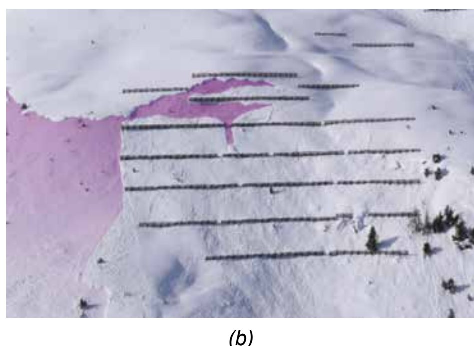
Bild 4, (a) Steinschlag nach Auftauen der Permafrostböden, (b) Steinschlagschaden in der Stützverbauung

Lawinen aus verbauten Bereichen stellen ein Restrisiko dar, das einerseits in der Gefahrenzonenplanung nur bedingt dargestellt wird und andererseits in

der Wahrnehmung der Verantwortungsträger wie Bürgermeister, aber auch in den Lawinenkommissionen aufgrund der vorhandenen Schutzmaßnahmen teilweise in den Hintergrund tritt. Die Schweizer Richtlinien nach Margreth (2007) geben daher für Stützverbauungen keinen Schutz vor dem Lawinenanriss, sondern nur eine Verkürzung des Lawinenauslaufes an.



(a)



(b)

Bild 5 (a) Einwehungen in den Stützverbauungen,
(b) Lawinenanbrüche innerhalb und neben den Verbauungen

3 Herausforderungen für die Zukunft

Besondere Herausforderungen treten immer stärker in Folge des Klimawandels hervor. Einerseits ist ein verstärktes Auftreten von Nass- und Gleitschneelawinen sowie Schneerutschen, wie z.B. im Dez. 2020, zu verzeichnen. Dies muss in der Maßnahmenplanung entsprechend berücksichtigt werden.

Bei Lawinenauffangdämmen ergibt sich im Dammvorfeld oft ein Massenproblem durch die nachfließenden Lawinenschneemengen und somit Verfüllung des Dammvorfeldes. Aus bautechnischen Gründen gelangt man jedoch schnell an die Grenzen der Umsetzungsmöglichkeiten.

Andererseits ergeben sich aufgrund von Sturm, Schneebruch, Käferkalamitäten, Feuer etc. Gefahrenpotentiale in Gebieten, die bisher durch den Schutzwald gesichert waren, siehe Osttirol, Oberkärnten etc. Das Beispiel aus Obertilliach im Bild 6 verdeutlicht diese neue Situation. Nach dem Schnee-

bruch im Dezember 2020 wurde das Schadholz entfernt, ohne jedoch Querfällungen und hohe Abstockung mit zu berücksichtigen. Aufgrund des enormen Schneehöhenpotentials entlang der Karnischen Alpen kann es hier besonders zu einer Gefahrenlage kommen, die nur durch technische Maßnahmen und rasche Aufforstungen vermindert werden können. Daher müssen technische Maßnahmen kurzfristig die stabilisierenden Effekte übernehmen, bis die Aufforstungen wieder die entsprechende Schutzwirksamkeit aufweisen.



Bild 6, Kalamitätsnutzung nach Schneebruch in Obertilliach

4 Resümee

Die intensiven Schneefall- und in Folge auch Lawinenereignisse haben verdeutlicht, dass sich die konsequente Umsetzung der ON-Regeln 24805, 24806 & 24807 bewährt. Bei den neueren Baufeldern waren kaum Schäden nach den Belastungsfällen der letzten Winter zu verzeichnen.

Die Überarbeitung der Werkstype (Stahlschneebrücken neu) aus 2018 berücksichtigt ebenso die Erkenntnisse aus den Schadensfällen der letzten

Jahre, damit auch weiterhin die erforderliche Langlebigkeit (> 50 Jahre) gewährleistet werden kann.

Dennoch ist eine konsequente Umsetzung der laufenden Überwachung (LÜ) erforderlich, um Schäden rechtzeitig erkennen und beheben zu können. Im Besonderen liefern hier die zum Teil neu gegründeten Wasserverbände einen wichtigen Beitrag zur systematischen Überwachung.

Aufgrund der aufwendigen und teuren Sanierungen sollen eigene Aufzeichnungen und entsprechende Kostenaufstellungen entwickelt und geführt werden, um genauere Aussagen zu den Instandhaltungsaufwendungen zu ermöglichen. Damit sollten auch besonders schadensanfällige Bauteile und kostenintensive Sanierungsfälle herausgefiltert werden können.

Aufgrund der begrenzten Ressourcen sind großflächige Anbruchverbauungen kaum mehr geplant und möglich, auch aufgrund der langen Umsetzungsdauer bei kurzen Bauzeiten (in den Sommermonaten) in den Höhenlagen. Sanierungen großflächiger Anbruchverbauungen bergen noch einige Herausforderungen für die kommenden Jahrzehnte. Die Lösung der Lawinenproblematik erfolgt daher zumeist durch eine Kombination aus unterschiedlichen Maßnahmen mit integralen Lawinenschutzkonzepten, um dennoch die unterschiedlichen Einwirkungsfälle berücksichtigen zu können und den erforderlichen Schutz für den Siedlungsraum sicher zu stellen.

5 Literatur

Granig M., Tollinger C. 2021. ERDOK Lawinen Osttirol, Dez. 2020. Wildbach- und Lawinenverbauung. BMLRT, Wien.

MARGRETH, S. 2007. Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/publikationen-studien/publikationen/lawinenverbau-im-anbruchgebiet.html (Zugriff: 2022-02-22).

ONR 24806: Permanenter technischer Lawinenschutz – Bemessung und konstruktive Ausgestaltung. ASI, Wien.

ONR 24807: Permanenter technischer Lawinenschutz – Überwachung und Instandhaltung. ASI, Wien.

Siegele P., Tollinger C., Granig M. 2019. Ereignisdokumentation Lawinen 2019. Wildbach- und Lawinenverbauung. BMNT, Wien. https://info.bml.gv.at/themen/wald/wald-und-naturgefahren/wildbach--und-lawinenverbauung/aktuelles-bundeslaender/erdok_lawinen2019.html (Zugriff: 2022-10-20)

Tollinger C., Granig M., Oesterle F. 2019. Ereignisdokumentation Lawinen in Tirol im Jänner 2018. Wildbach- und Lawinenverbauung. BMNT, Wien.

Tollinger C., Granig M. 2020. Instandsetzungsbedarf bei Lawinenanbruchverbauungen. Wildbach- und Lawinenverbauung. Wien.

Tollinger C., Steiner H., Granig M., Klaus W. und Seymann C. 2022. ERDOK Lawinen Oberes Mölltal, Dez. 2020 bis Feb. 2021. Wildbach- und Lawinenverbauung. BMLRT, Wien.

Wie haben sich die Lawinenschutzbauwerke im Lawinenwinter 2017/2018 in der Schweiz bewährt?

Dr. Stefan Margreth
WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos,
margreth@slf.ch

---

1 Lawinenwinter 2017/2018

Die Analyse von Lawinenwintern liefert wertvolle Informationen, um die Wirkung von Schutzmassnahmen prüfen zu können (Bründl et al., 2019). Im Januar 2018 fielen in hohen Lagen der Schweizer Alpen innerhalb von 25 Tagen verbreitet 2.5 bis 5 m Schnee (Bild 1). Das war so viel Neuschnee, wie an gewissen Stationen alle 75 Jahre gemessen wird. Am 22. und 23. Januar führte ein Nordweststurm zu einer ernsten Lawinensituation. Zum ersten Mal seit 1999 wurde für ein grosses Gebiet der Schweiz die höchste Gefahrenstufe (5, sehr gross) vorausgesagt. Es gingen zahlreiche grosse und mehrere sehr grosse Lawinen ab, wobei die Kantone Wallis und Graubünden am stärksten betroffen waren. Bis Ende April wurden dem SLF mehr als 360 Schadenlawinen gemeldet. Es wurden weder dauerhaft bewohnte Gebäude zerstört noch Menschen in Siedlungen oder auf Verkehrswegen verletzt. Zahlreiche Verkehrswege waren wegen Lawinengefahr bis zu 9 Tage gesperrt. Der Lawinenwinter 2018 war weniger extrem als der Lawinenwinter 1999. Erstmals wurden Satellitenbilder (SPOT 6) mit einer Auflösung von 1.5 m von allen Gebieten mit Gefahrenstufe 5 (sehr gross) ausgewertet, um die Lawinenaktivität zu dokumentieren. Im untersuchten Gebiet von 12‘000 km^2 wurden mehr als 18‘000 Lawinen kartiert, von denen 16% ein Volumen von mehr als 80‘000 m^3 aufwiesen.

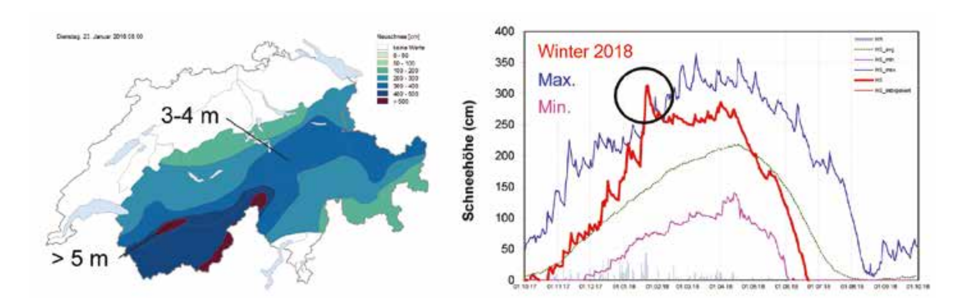


Bild 1 (links), Die Neuschneesumme in 25 Tagen vom 31. Dezember bis 23. Januar 2018 betrug in Teilen des Wallis stellenweise mehr als 500 cm. Das führte z.B. im nördlichen Unterwallis zu Schneehöhen von mehr als 400 cm. (Rechts) Bei einigen Messtationen wie auf dem 2536 m hoch gelegenen Weissfluhjoch wurde am 23. Januar noch nie so viel Schnee gemessen wie 2018. Absolute Rekordschneehöhen wurden jedoch nur ganz vereinzelt gemessen.

2 Einsatz und Bewährung von baulichen Lawinenschutzmassnahmen

2.1 Stützverbau

Im Januar 2018 war die Schneeverteilung aufgrund des Windes sehr unregelmässig. Dadurch wurden Stützverbauungen lokal überschneit. Da eine Zunahme der Schneehöhen im weiteren Verlauf des Winters möglich war, wurden vielerorts Notfallkonzepte für den Fall erarbeitet, dass weitere Schneefälle die Verbauungen grossflächig überfüllen und deren Wirkung reduzieren sollten. Da keine grösseren Schneefallperioden folgten, mussten die Konzepte nicht angewendet werden. Erstaunlicherweise brachen während der Lawinenperiode vom 22./23. Januar 2018 in rund 10 Stützverbauungen relativ grossflächige Lawinen an (Bild 2). Die Anrisshöhen waren meist kleiner als 0.5 m und es entstanden keine Schäden. In Bezug auf die Bruchausbreitung zeigten die Werkreihen in einigen Fällen praktisch keine Wirkung. Infolge der grossen Schneehöhen und des starken Schneegleitens im Winter 2018 waren die Schneedruckbelastungen auf die Stützwerke hoch, was zu Schäden führte.

In den meisten Fällen waren die Schäden lokal begrenzt und beeinträchtigten die Funktion der Verbauungen nicht. Die Gesamtsumme der Schäden an Stützwerken belief sich im Winter 2018 in der Schweiz auf rund 1.5 Millionen Franken. Gemessen an der Gesamtzahl der Stützwerke liegt dieser Wert im Promillebereich. Der häufigste Schaden war ein talseitiges Ausknicken der Stützen von älteren Schneebrücken. Rund 200 Stützen knickten aus, weil zusätzlich zur Normalkraft eine Querkraft auftrat. Seit 2007 wird dieser Lastfall bei der Bemessung von Stützwerken berücksichtigt (Margreth, 2007). Bei einigen überschneiten Werken brachen Träger und Querbalken oder wurden verbogen. Solche Schäden treten typischerweise auf, wenn ein Werk mehr als 1.0 m überschneit ist. An einigen Stellen, an denen der Abstand zwischen dem untersten Rostbalken und dem Boden zu gross war (> 0.3-0.5 m), waren die bergseitigen Ankerstäbe verformt oder gebrochen. Diese Schäden traten meist in Zusammenhang mit starkem Schneegleiten auf (Bild 3).



Bild 2, Stützverbauung Urseren, Brienz (BE), in der Lawinenperiode vom 21./22. Januar 2018 brach in der Verbauung grossflächig eine Schneebrettlawine an. Die Anrisshöhe betrug rund 50 cm. Die Bruchausbreitung wurde durch die Werkreihen nicht gestoppt. Beim Aufprall auf die Werkreihen wurden die Schneemassen abgebremst und teilweise gestoppt. Die Lawine verursachte keine Schäden (Foto: U. Ryter).

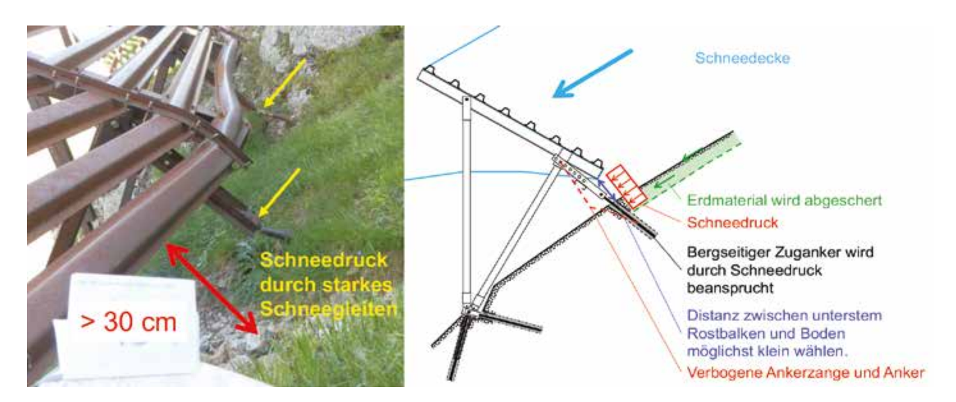


Bild 3, Infolge Schneedrucks und zu grosser Distanz (> 30 cm) zwischen dem untersten Rostbalken und dem Boden wurde der bergseitige Zuganker von „Züllig SA"-Werken in der Verbauung Rinistock, Meien-Wassen (UR), deformiert. Bei der Bemessung eines Stützwerkes wird angenommen, dass Schneedruck nur auf den Stützrost, nicht aber auf die Ankerzange wirkt (Foto: R. Planzer).



Bild 4, Beschädigter Triebschneezaun Valtschamela, Churwalden (GR). Der Triebschneezaun besteht aus 4 m breiten Einzelelementen, die mit vier Mikropfählen verankert sind. Durch den seitlichen in der Falllinie wirkenden Schneedruck wurde der Zaun in Talrichtung deformiert. Auf die einzelnen 4 m langen Elemente des Triebschneezauns wirkte ein resultierender Schneedruck von rund 120 kN (Foto, links TUR, rechts SLF S. Margreth).

2.2 Verwehungsverbauungen

Verwehungsverbauungen zeigten vielerorts eine gute Wirkung. Die Wirkung des 4 m hohen und 90 m langen Verwehungszaunes am Tanngrindel im Berner Oberland wurde mit Schneehöhenmessungen im Detail untersucht. Hinter dem Zaun wurden etwa 40 m^3 Schnee pro m‘ abgelagert. Die maximale Ablagerungshöhe war etwas mehr als 4 m. Total wurden vom Zaun etwa 5000 m^3 Schnee zurückgehalten. Erhebliche Schäden traten an einem 275 m langen Verwehungszaun bei Valtschamela im Kanton Graubünden auf, der in einer Hanglage von 25° bis 30° errichtet wurde (Bild 4). Da der Bodenspalt des 4 m hohen Zauns nur etwa 40 cm betrug, war der Zaun schon relativ früh eingeschneit. Dadurch wirkte Schneedruck auf den Zaun, der dadurch praktisch vollständig zerstört wurde. In geneigtem Gelände müssen bei der Bemessung von Verwehungszäunen sowohl Schneedruck als auch Windlasten berücksichtigt werden.

2.3 Lawinengalerien

Lawinengalerien stellen einen effizienten Schutz für Verkehrsachsen dar. Im Januar 2018 wurden in der Schweiz mindestens 50 Galerien von Lawinen überflossen. Beispielsweise gingen im Raum Goppenstein im Kanton Wallis Lawinen praktisch über alle für Bahn und Strasse bestehenden Galerien nieder. Die abgelagerten Schneemengen waren jedoch kleiner als im Winter 1999 (Bild 5).

Ein Problempunkt bei Galerien stellt nach wie vor die Länge dar. Aus Kostengründen wird die Länge einer Galerie so kurz wie möglich geplant. In extremen Lawinensituationen wie im Januar 2018 ist diese Länge dann oft ungenügend. Es wurden mindestens zehn Galerieportale überflossen. Bei einer freistehenden Galerie, die eine Bahnlinie vor Verwehungen schützt, wurde die Tragstruktur durch den seitlichen Schneedruck leicht beschädigt (Bild 6). Sonst wurden keine Schäden an Lawinengalerien festgestellt.

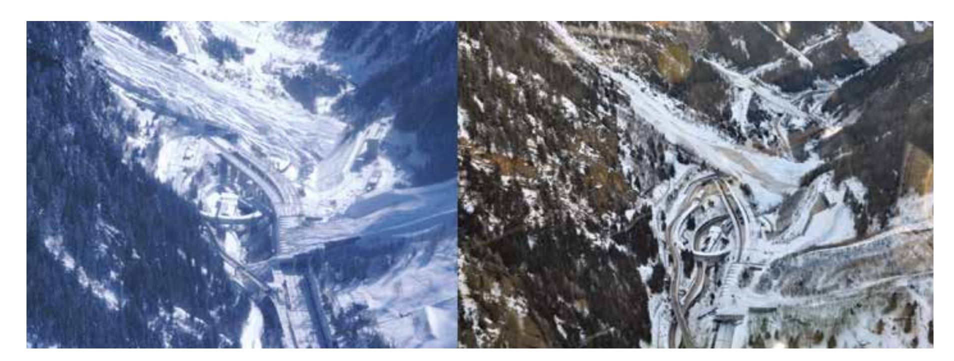


Bild 5: Meiggbach- und Rotlauigalerien bei Goppenstein, Kanton Wallis. (Links) Im Februar 1999 wurden die Galerien mehrfach von Grosslawinen überflossen. Die Ablagerungshöhen betrugen mehr als 20 m. (Rechts) Im Januar 2018 brachen auch praktisch alle Lawinen im Gebiet Goppenstein gross an. Es handelte sich jedoch meist nicht um Mehrfachniedergänge (Fotos S. Margreth SLF).

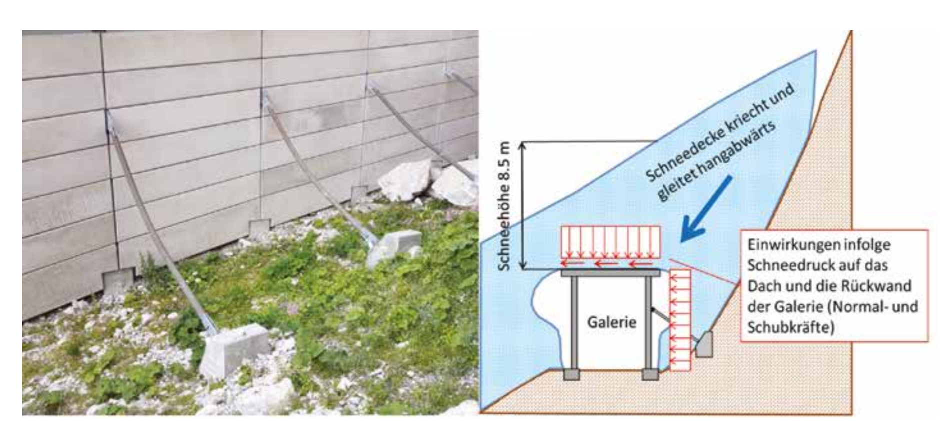


Bild 6, Die zum Schutze der Bahnstrecke auf den Rochers-de-Naye (VD) erstellte Galerie Naye Aval wurde im Winter 2017/18 infolge der ungewöhnlich grossen Schneehöhen durch seitliche Schneedruckeinwirkungen beschädigt. Die bergseitigen Rückhaltestreben der Galerie wurden verbogen resp. brachen. Weiter wurden einige Stahlträger deformiert (Foto: Geobrugg).

2.4 Lawinendämme

Im Januar 2018 gingen in einigen Lawinenzügen, die mit Dämmen verbaut waren, Lawinen nieder. Einige wenige Lawinendämme wurden von Lawinen getroffen. Da sich die Mehrzahl der grösseren Lawinendämme eher in tiefen Höhenlagen befindet, wurden diese gar nicht oder nicht mit maximalen Intensitäten getroffen. Im Lötschental wurde am 20. Februar 1999 oberhalb von Wyssenried (VS) eine Stützverbauung durch die „Bachtela"-Lawine, die unterhalb des Tennbachhorns anbrach, zum grossen Teil zerstört. Um das Dorf und die Stützverbauung vor Lawinen zu schützen, wurde auf einer Geländeterrasse ein 380 m langer und 10 m hoher, keilförmig ausgebildeter Ablenkdamm erstellt. Im Januar 2018 brach die „Bachtela"-Lawine ähnlich gross an wie 1999. Die abfliessenden Schneemassen wurden vollständig vom Damm abgelenkt (Bild 7). Am oberen Ende des Dammes stiegen die Schneemassen praktisch bis zur Dammkrone an. Bei weiteren Lawinenniedergängen wäre die Dammhöhe wahrscheinlich nicht mehr ausreichend gewesen. Ohne Ablenkdamm wäre die Stützverbauung erneut in Mitleidenschaft gezogen worden.

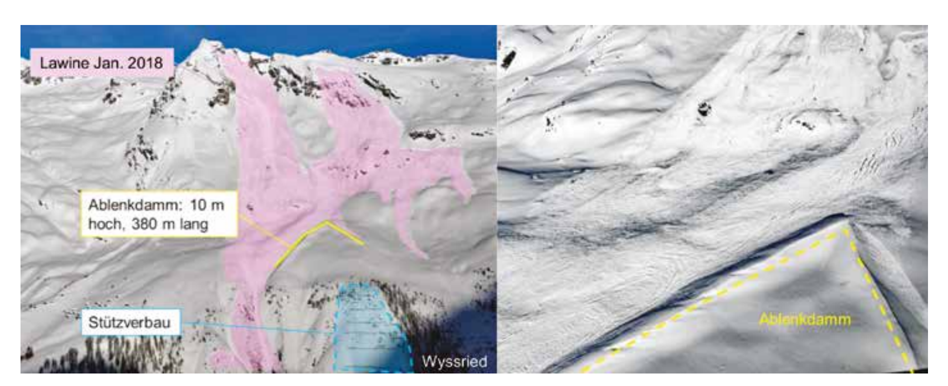


Bild 7, Anrissgebiet der „Bachtela"-Lawine am Tennbachhorn im Lötschental (Kanton Wallis). Die Lawine wurde durch den keilförmig angeordneten Ablenkdamm Ritzmad in westliche Richtung abgelenkt. Die zum Schutze von Wyssenried bestehende Stützverbauung wurde nicht getroffen. Die Lawinenablagerung erreichte fast die 10 m hohe Dammkrone des Ablenkdammes Ritzmad. Der Damm wurde nicht überflossen. (Foto: SLF S. Margreth).

Im Gebiet von St. Niklaus im Mattertal (Kanton Wallis) verschütteten die Blattbachlawine sowie weitere Lawinen die Matterhorn Gotthard Bahn (MGB). Um im weiteren Verlauf des Winters eine erneute Verschüttung der Bahnlinie durch Folgelawinen, die in den ausgestrichenen Lawinenbahnen erneut hätten weit vorstossen können, möglichst zu verhindern, wurde als Sofortmassnahme Lawinenablagerungen mit schweren Baumaschinen teilweise abgetragen und mehrere 3 bis 7 m hohe Auffang- und Ablenkdämme aus Schnee erstellt (Bild 8). Die Dämme wurden mit schweren Löffelbaggern erstellt. Da die Bauarbeiten in Lawinenzügen stattfanden, wurde ein Sicherheitskonzept erarbeitet und die Lawinengefahr laufend beurteilt. Die Kosten für das Erstellen der Schneedämme betrugen rund CHF 150‘000. Im weiteren Verlauf des Winters traten jedoch keine grösseren Lawinen mehr auf.



Bild 8, Im Januar 2018 wurden etliche Lawinenabgänge entlang des Blattbaches südlich von St. Niklaus (VS) verzeichnet. Die MGB-Bahnlinie ist durch einen 130 m langen Tunnel geschützt. Der Tunnel erwies sich als zu kurz. Um die Gefährdung der Bahnlinie vor Folgelawinen zu reduzieren, wurde ein rund 5 m hoher Leitdamm sowie Auffangdämme aus Schnee geschüttet (Fotos: W. Gitz).

3 Folgerungen

Ereignisanalysen von Lawinenwintern sind sehr nützlich, um die Wirkung von Lawinenschutzmassnahmen in extremen Situationen 1:1 beurteilen und überprüfen zu können. Da ausserordentliche Winter naturgemäss nur selten auftreten, ist der Aufwand für Ereignisanalysen gerechtfertigt. Aus solchen Analysen kann man viel lernen, um zukünftige Herausforderungen noch besser bewältigen zu können. Die Lawinenschutzbauten haben sich im Winter 2018 in der Schweiz im Allgemeinen gut bewährt. Es wurden keine unbekannten oder gravierenden Mängel festgestellt. Einige grössere Lawinenanbrüche in Stützverbauungen haben aber gezeigt, dass keine Massnahme eine absolute Sicherheit bietet und dass bei jeder Schutzmassnahme eine Restgefährdung besteht. Solche Ereignisse sind für die Quantifizierung der Wirkung von Schutzmassnahmen sehr wertvoll. Im Winter 2018 wurden in der Schweiz Schäden an Stützverbauungen von rund CHF 2.3 Mio. festgestellt. Diese Schäden machen deutlich, dass nur robuste, bewährte Konstruktionen extremen Situationen gewachsen sind und dass der Instandstellung sowie dem Unterhalt der Verbauungen eine grosse, stetig wichtiger werdende Bedeutung zukommt. Lawinenauffangdämme, bei denen die Dimensionierung mit grösseren Unsicherheiten behaftet ist, wurden im Januar 2018 nur von kleineren Lawinen getroffen. Dadurch konnten leider keine neuen Erkenntnisse hinsichtlich Bemessung und Wirkung gewonnen werden. Bei den Lawinengalerien haben die Lawinenniedergänge einmal mehr gezeigt, dass weniger die Einwirkungen auf die Tragstruktur, sondern viel mehr die Länge einer Galerie für das gute Funktionieren in einem ausserordentlichen Winter entscheidend sind. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der seit dem Lawinenwinter 1999, der im Vergleich zum Lawinenwinter 2018 um einiges extremer war, forcierte integrale Lawinenschutz seine Bewährungsprobe bestanden hat.

4 Literatur

Bründl, M.; Hafner, E.; Bebi, P.; Bühler, Y.; Margreth, S.; Marty, C.; Schaer, M.; Stoffel, L.; Techel, F.; Winkler, K.; Zweifel, B.; Schweizer, J., 2019: Ereignisanalyse Lawinensituation im Januar 2018. WSL Bericht, 76. 162 S. (https://www.slf.ch/de/publikationen/ereignisanalyse-lawinensituation-im-januar-2018.html).

Margreth, S., 2007: Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos. 101 S.

Überlegungen zur Designlawine von Lawinendämmen

Dr. Peter Gauer
Norwegian Geotechnical Institute/ Sandackerveien 140, 0484 Oslo, Norway,
peter.gauer@ngi.no

---

1 Einleitung

Norwegen ist größtenteils sehr dünnbesiedelt, aber aufgrund der topographischen und klimatischen Gegebenheiten sind viele Siedlungen von Lawinen bedroht. Die „Byggteknisk forskrift" TEK10 (bautechnische Vorschrift) bildet die Grundlage für die Behandlung der Lawinengefahr in der Raumplanung in Norwegen. Im Wesentlichen werden drei Sicherheitsklassen bezüglich gravitativer Massenströmungen, zu denen auch Lawinen zählen, betrachtet. Diese Sicherheitsklassen unterscheiden sich durch die Eintrittswahrscheinlichkeiten an einem gegebenen Ort. Im Gegensatz zu vielen anderen Ländern gibt es kein explizites Intensitätskriterium, wie z.B. in Österreich mit dem 10 kPa Druckkriterium bei der Abgrenzung der roten Zone (BMLFUW-LE.3.3.3/0185-IV/5/2007). In Norwegen gilt für neue Wohnhäuser und Gebäude, in denen sich normalerweise maximal 25 Personen aufhalten, die Sicherheitsklasse S2. Für diese Sicherheitsklasse gilt eine nominelle maximale jährliche Eintrittswahrscheinlichkeit von 1/1000 für ein Schadensereignis, wobei die Folgen für Leben und Gesundheit sowie wirtschaftliche Werte zu berücksichtigen sind.

In vielen norwegischen Gemeinden muss aber in einigen bebauten Gebieten oder neuen Ausbaugebieten mit höheren Eintrittswahrscheinlichkeiten für ein Schadensereignis gerechnet werden. Neubauten oder größere Umbauten können dann nur im Fall von zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen zugelassen werden. Die bestehenden Gebäude sollten zumindest auf ein

akzeptables Sicherheitsniveau gesichert werden (oftmals wird eine maximale jährliche Eintrittswahrscheinlichkeit von 1/300 zugrunde gelegt). Lawinendämme werden oftmals als die kostengünstigste Lösung angesehen. Es stellt sich aber die Frage, inwieweit Dämme auch dem erforderlichen Sicherheitsanspruch gerecht werden.

2 Dimensionierungskriterien

Einfache Dimensionierungskriterien für Lawinenschutzdämme (i.e. Margreth et al., 2011) beziehen die erforderliche Höhe des Freibords, H_{fb}, auf die Lawinengeschwindigkeit im Anströmgebiet, U, und die Fließhöhe h_f:

$$H_{fb} = \frac{U^2}{2g\lambda} + h_f, \tag{1}$$

wobei λ ein Parameter ist. Die Werte für λ liegen typischerweise zwischen 1 und 3, abhängig vom Fließverhalten der Lawine. Nun deuten Geschwindigkeitsmessungen an Lawinen darauf hin, dass die Geschwindigkeit von selten schnellen Trockenschneelawinen mit der Fallhöhe der Sturzbahn, $H_{SC,}$ skaliert (McClung & Schaerer, 2006; Gauer, 2020 und Referenzen darin):

$$U_{max} \sim \sqrt{gH_{SC}/2} \tag{2}$$

Diese Beobachtung kann gemeinsam mit empirischen Abschätzungen der erwarteten Auslauflänge, z.B. mittels des α-β Models (Lied & Bakkehøi, 1980), zu einer ersten Abschätzung der Machbarkeit von Lawinenauffangdämmen genutzt werden.

Bild 1 a zeigt die Geschwindigkeit eines Massenblocks, der sich mit einer konstanten Verzögerung entlang einer zykloiden Bahn bewegt. Die Verzögerung ist so gewählt, dass der Massenblock entweder am β-Punkt (der nahe am (α_m+σ)-Punkt liegt), am α_m-Punkt oder am (α_m−σ)-Punkt stoppt. Die entsprechenden Maximalgeschwindigkeiten $U_{max}/\sqrt{gH_{SC}/2}$ liegen im Bereich zwischen rund 0.75 und 1.

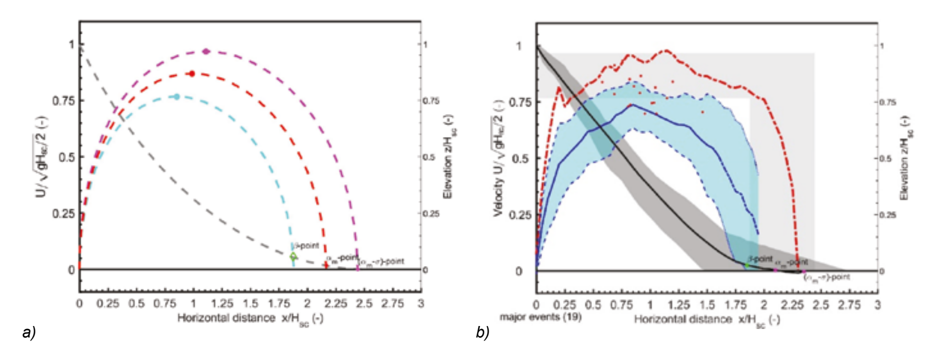


Bild 1 a) Geschwindigkeit eines Massenblocks, der sich mit konstanter Bremsbeschleunigung entlang einer zykloiden Bahn (graue gestrichelte Linie; Steilheit im Auslösebereich ϕ_0 = 40°) bewegt und 1) den β-Punkt (türkisfarbene gestrichelte Linie), 2) den α_m-Punkt erreicht (rote gestrichelte Linie) und 3) der $\alpha_m-\sigma$-Punkt (magentafarbene gestrichelte Linie). Die entsprechenden Maximalgeschwindigkeiten sind mit einem Punkt • gekennzeichnet. b) Eine Zusammenfassung gemessener Frontgeschwindigkeiten von großen Lawinenereignissen in verschiedenen Lawinenahnen. Die blaue Linie zeigt den Mittelwert, der blau schattierte Bereich den ± σ-Bereich und die rote gestrichelte Linie das beobachtete Maximum, das aus Beobachtungen entlang der Spur abgeleitet wurde. Rote Punkte markieren das jeweilige Maximum der verschiedenen Messungen. Die schwarze Linie repräsentiert die „mittlere Pfad"-Geometrie und der grauschattierte Bereich die Einhüllende aller Pfadgeometrien. Das hellgraue Polygon gibt einen Eindruck von den erwarteten Reichweiten für größere Lawinen.

Zum Vergleich sind auch die gemessenen maximalen Frontgeschwindigkeiten für eine Reihe größerer Lawinenereignisse dargestellt (Bild 1 b). Die Fallhöhen bei den Beobachtungen liegen zwischen 100 und 1200 m. Die einfachen Simulationen erfassen den beobachteten Trend recht gut.

Die Messungen und Simulationen deuten auch an, dass die erwartete Geschwindigkeit mit der Fallhöhe skaliert, d.h. $U(x) \propto \sqrt{gH_{SC}/2}$. Im Fall des Beispiels in der Abbildung 1 a) hat eine am α_m-Punkt stoppende Lawine am β-Punkt noch eine Geschwindigkeit von etwa $0.55\sqrt{gH_{SC}/2}$. Plant man nun einen Auffangdamm am β-Punkt, könnte man den benötigten Freibord in unserem Fall direkt auf die Fallhöhe H_{SC} beziehen:

$$H_{fb} \approx \frac{H_{SC}}{12\,\lambda} + h_f. \tag{3}$$

D.h., der erforderliche Freibord würde in diesem Fall bei Trockenschneelawinen in der Größenordnung von 5 bis 10% der Fallhöhe liegen, was zu technisch nicht praktikablen Dammhöhen für Fallhöhen von über ca. 500 m führt.

3 Bestimmung der Designparameter

Gemäß Gleichung (1) sind Fließhöhe und Anströmgeschwindigkeit entscheidende Designparameter. Dabei ist besonders die richtige Wahl der Anströmgeschwindigkeit für die Dimensionierung eines Damms von Bedeutung, bzw. ist sie maßgeblich für das Restrisiko unterhalb des Damms (c.f. Faug et al., 2008). Zur Bestimmung dieser Designparameter ist es heute gängige Praxis numerische Lawinenmodelle zu verwenden. Allerdings haben die in der Praxis gebräuchlichen Modelle, welche meist auf dem sogenannten Voellmy-Salm-Reibungsgesetz beruhen, die Tendenz gerade die Geschwindigkeit zu

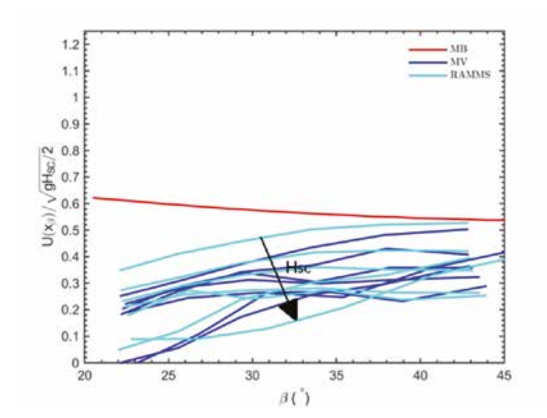


Bild 2 Normierte Geschwindigkeit $U(x_\beta)/\sqrt{gH_{SC}/2}$ am β-Punkt für verschiedene β-Winkel und Fallhöhen zwischen 100 und 1200 m. Das Massenblock Model ist invariant zur Änderung der Fallhöhe.

unterschätzen. Das ist u.a. im Hinblick auf die Dimensionierung von Sicherungsmaßnahmen, wie Auffang- oder Umlenkdämme, kritisch. Bild 2 zeigt einen Vergleich simulierter Geschwindigkeiten am β-Punkt für einen Massenblock (MB), und für die tiefengemittelten 2-D Modelle Mot-Voellmy (MV) und RAMMS (Gauer et al., 2020). Die Simulationen wurden für parabolische Sturzbahnen gemacht.

Das hier gezeigte einfache Massenblockmodel reflektiert die Beobachtungen relativ gut. Die beiden anderen Modelle unterschätzen die Geschwindigkeit, am ausgeprägtesten bei flachen Hängen und zunehmend mit der Fallhöhe. In Anbetracht der Tatsache, dass die Geschwindigkeit ein wichtiges Designkriterium ist, ist das ein kritischer Punkt.

4 Zusammenfassung

Gleichung (1) erlaubt erste einfache Abschätzungen für die Designparameter von Fangdämmen. Ausgefeiltere Methoden sind u.a. in Jóhannesson et al. (2008) oder Baillifard et al. (2007) beschrieben. Auch bei diesen Methoden sind die Fließgeschwindigkeit am Standort und die Fließhöhe entscheidende Designparameter und ihre Kenntnis kritisch. In allen Fällen verlangt die Dimensionierung von Dämmen die Kenntnis über das erwartete Fließverhalten der Lawine. Generell lässt sich wohl sagen, dass Fangdämme möglichst weit in die Auslaufzone der Lawine gebaut werden sollten. Ansonsten müssen die Dämme sehr hoch gebaut werden und werden damit unökonomisch oder nicht machbar. Auch lässt sich sagen, dass Auffangdämme nur begrenzte Schutzwirkung gegen reine Staublawinen oder schnelle stark fluidizierte Lawinen haben. Dieses brachte z.B. das Lawinenereignis in Flateyri (Island) am 14. Januar 2020 wieder ins Bewusstsein, auch wenn es glimpflich ausging (https://www.youtube.com/watch?v=-Cfuus9DZJc und https://polarkreisportal.de/island-lawinen-in-den-westfjorden-wecken-erinnerungen-an-ungluecke).



Bild 3 Der fluidizierte und der Staubanteil einer Lawine überfließt einen 15 m hohen Erddamm im Lawinenversuchsgelände Ryggfonn / Norwegen (Foto Krister Kristensen/NGI).

5 Literatur

Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/ (stand 2017-09-15)

BMLFUW-LE.3.3.3/0185-IV/5/2007 Richtlinie für die Gefahrenzonenplanung (Fassung vom 04. Februar 2011)

Faug, T.; Gauer, P.; Lied, K. & Naaim, M. (2008) Overrun length of avalanches overtopping catching dams: Cross-comparison of small-scale laboratory experiments and observations from full-scale avalanches, Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 2008, 113, F03009(1-17), doi:10.1029/2007JF000854

Gauer, P. (2020) Considerations on scaling behavior in avalanche flow: Implementation in a simple mass block model Cold Regions Science and Technology, 2020, 180, 103165, doi: 10.1016/j.coldregions.2020.103165,

Gauer, P.; Aalerud, A. H. & Body, N. S. (2020) AARN - Applied Avalanche Research in Norway: Avalanche observations versus numerical avalanche model: Simple test of model performance. Norwegian Geotechnical Institute, Technical note 20200017-04-TN, 2020

Jóhannesson, T.; Gauer, P.; Issler, D. & Lied, K. (Eds.) (2009) The design of avalanche protection dams. Recent practical and theoretical developments European Commission, Directorate-General for Research, 2009, https://data.europa.eu/doi/10.2777/12871

Bailfard, M.; Kern, M. & Margreth, S. (2007) Anleitung zur Dimensionierung von Lawinenauffangdämmen. Eidg. Institut f. Schnee- und Lawinenforschung, Davos, Eidg. Institut f. Schnee- und Lawinenforschung, Davos, 2007.

Lied, K. & Bakkehøi, S. (1980) Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters Journal of Glaciology, 1980, 26, 165-177, doi:10.1017/S0022143000010704

McClung, D. & Schaerer, P. The Avalanche Handbook The Mountaineers Books, 2006

Margreth, S., Suda, J., Hofmann, R., Gauer, P., Sauermoser, S., Schilcher, W. and Skolaut, C. (2011). Permanenter Technischer Lawinenschutz: Bemessung und Konstruktion. In Handbuch Technischer Lawinenschutz (eds F. Rudolf-Miklau and S. Sauermoser)., pp. 207-293 https://doi.org/10.1002/9783433600856.ch8

Block 4
Beobachten und Vorhersagen von Massenbewegungen

Vorsitz Univ.-Prof. Mag.rer.nat.

Dr.sc.nat. Christian Zangerl

BOKU, Vorstand Institut für Angewandte Geologie (IAG), Wien

Großrutschung im Bereich der Leckgalerie in Obergurgl – Automatisiertes TLS-Geomonitoring

Mag. Patrick Fritzmann, DI Johannes Anegg
Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Geoinformation,
Herrengasse 1–3, 6020 Innsbruck
patrick.fritzmann@tirol.gv.at

1 Einleitung

Im Juni 2020 wurde seitens der Abteilung Geoinformation zur Beobachtung der Großrutschung oberhalb der Ötztalstraße B 186 (zwischen km 45 und km 46,2, bei Leckgalerie – Klammgalerie) ein permanentes, automatisches Geomonitoring eingerichtet. Dabei kam (europaweit) erstmalig ein Messsystem zum Einsatz, dass automatisiert kontinuierliche Messungen mit einem terrestrischen Laserscanner (TLS) ermöglicht, aus den Punktwolken ebenfalls automatisiert Deformationen ableitet und die Ergebnisse anschließend über eine Webanwendung zur Verfügung stellt. Der Messbetrieb wurde bis zum Einschneien des Untersuchungsgebietes Ende November 2020 durchgeführt. Nach der Schneeschmelze wurde das Geomonitoring im Mai 2021 fortgesetzt. Der folgende Bericht beschränkt sich auf die Beschreibung des Messkonzepts und auf Ergebnisse der Messungen aus dem Jahr 2021.



Bild 1: Übersichtskarte; Schummerung vom Geländemodell des Untersuchungsgebiets (Datum: 10.08.2021); TLS = Standort der Messhütte und des Scanners am Gegenhang.

2 TLS Messkonzept

Zwischen dem 26.05.2021 und dem 27.10.2021 führte der Scanner alle drei Stunden automatisiert einen Scan des Untersuchungsgebietes durch. Die mittlere Entfernung zum Untersuchungsgebiet beträgt dabei 1500 m. Bei einer horizontalen und vertikalen Winkelauflösung von 0,009° und einer Messrate von 50 kHz dauert ein Scan des kompletten Untersuchungsgebiets knapp 13 Minuten.



Bild 2: In der Messhütte: Scanner auf Betonsockel (von Hütte entkoppelt), Blick auf das Untersuchungsgebiet (Datum 15.07.2020).

Der Scan und die automatisch gerechneten Deformationsergebnisse (voxelbasierte Tiefendifferenzen zu allen Messungen) sind ca. 10 Minuten nach Scanabschluss verfügbar und können über eine Webanwendung abgerufen werden.

Das Scanprojekt an sich, sowie die Punktwolken der einzelnen Scans, die Berechnungen und sämtliche im Messgerät aufgezeichneten meteorologischen Parameter (Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte) werden auf einem Server gespeichert. Diese Daten können für weiterführende Auswertungen, wie Profilschnitte, Differenz- und Kubaturberechnungen oder Detaildarstellungen von Felsblockdeformationen verwendet werden.

Zusätzlich zum beschriebenen Monitoring-Setup sind im Gebiet oberhalb der Rutschung fünf Prismen installiert, welche vom Scanner mehrmals täglich beobachtet wurden. Um diese Beobachtungen zu validieren wurden die Prismen monatlich mittels Totalstation gemessen.

3 Deformationen im Messzeitraum 2021

3.1 Flächenhafte Detektion der Deformation

Das nachstehende Bild zeigt die Darstellung der Deformation in der Webanwendung. In dieser kann die Referenzepoche (Reference) und die Vergleichsepoche (Compare) beliebig gewählt werden um die Deformation bzw. Hangbewegung zu einem bestimmten Zeitpunkt oder innerhalb eines bestimmten Zeitraums zu untersuchen.

Ein negativer Wert (Closer-By) bedeutet eine Verkürzung der Distanz zwischen Vergleichsepoche und Referenzepoche, also eine Deformation in Scanrichtung (Rutschung, Materialablagerung).

Ein positiver Wert (Further Away) bedeutet hingegen eine Streckenverlängerung zwischen Vergleichsepoche und Referenzepoche, also eine Deformation entgegen der Scanrichtung (Materialabtrag, Ausbruch).

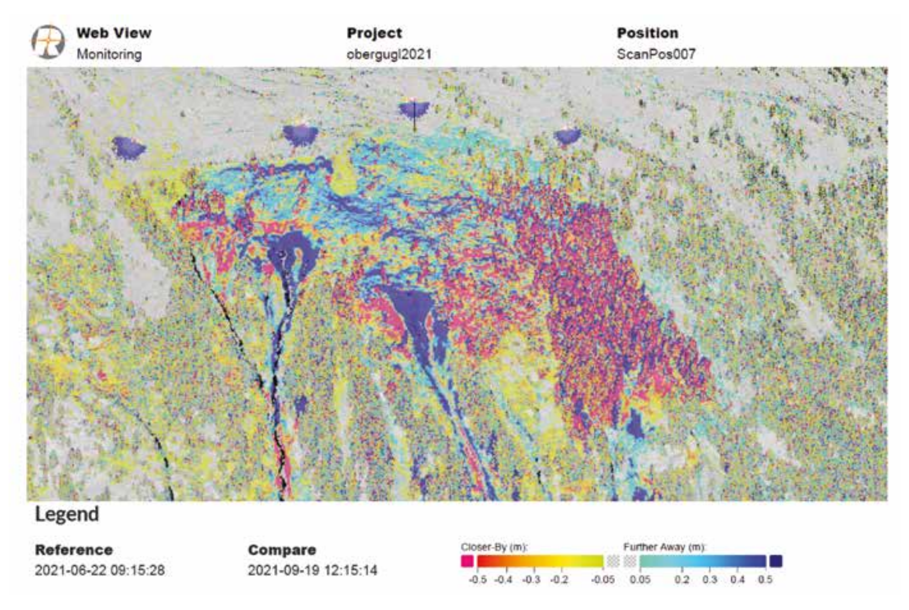


Bild 3: Geländeänderung zwischen 22.06.2021 und 19.09.2021. Darstellung in der Webanwendung, Ansicht auf das Untersuchungsgebiet mit Kameraperspektive.

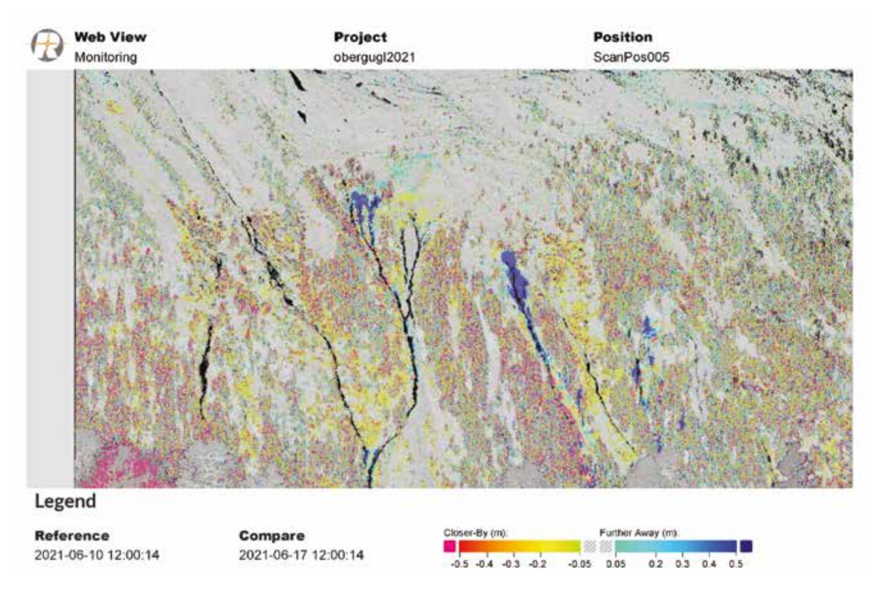


Bild 4: Geländeänderung zwischen 10.06.2021 und 17.06.2021 (KW24).

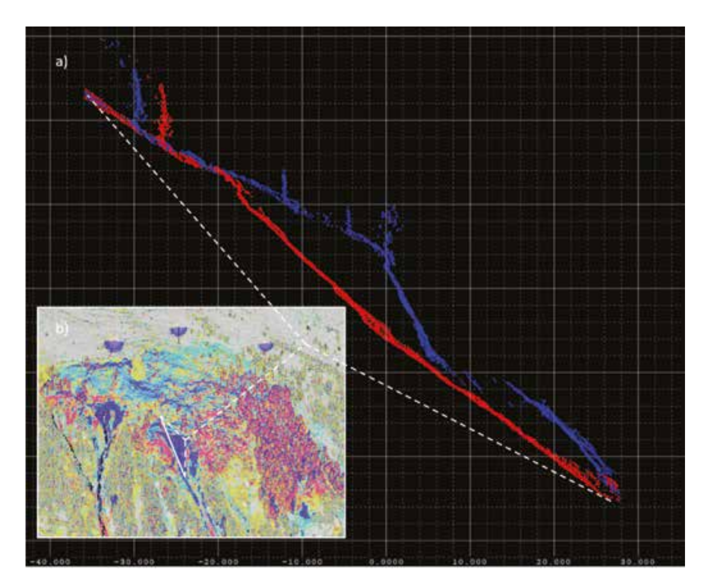


Bild 5: a) Profilschnitt durch die Punktwolke der Messepochen 22.06.2021 (blau) und 19.09.2021(rot). b) Verortung des Profilschnittes; Einheit: Meter.

3.2 Punktuelle Detektion der Deformation

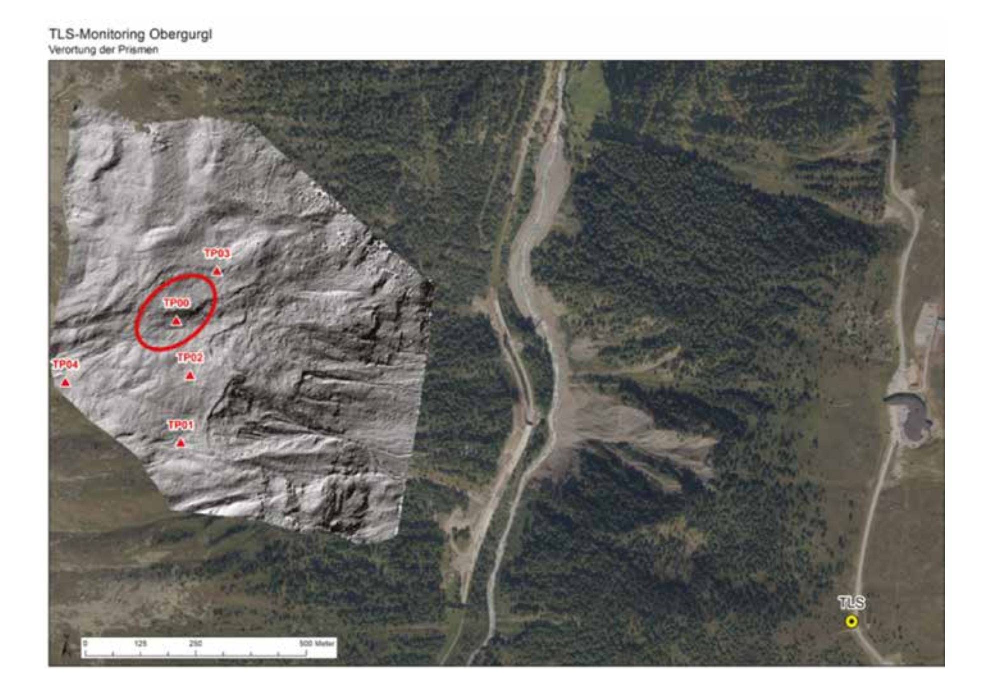


Bild 6: Verortung der Prismen. Eingekreist = TP00 (siehe unten).

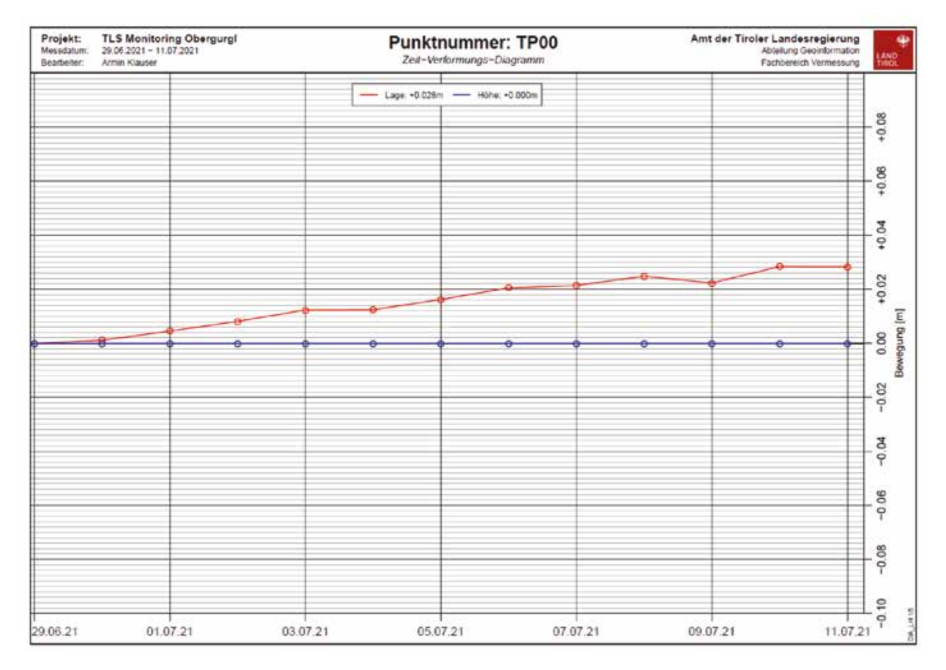


Bild 7: Deformation aus TLS-Prismen-Messungen an Prisma TP00 zwischen 29.06. und 11.07.2021. Die Länge (rote Linie) beschreibt die Änderung in Messrichtung in Meter (+ entspricht einer Streckenverkürzung, – entspricht einer Streckenverlängerung).

4 Zusammenfassung und Ausblick

Das automatisierte TLS-Geomonitoring inklusive der automatischen Auswertung und Darstellung über die Webanwendung lieferte für beide Beobachtungszeiträume (Jahre 2020 und 2021) zuverlässig und kontinuierlich wichtige Informationen zur Gefahrenbeurteilung im Bereich der Baustelle Leckgalerie – Klammgalerie.

Die Messungen im Jahr 2021 zeigten, dass die großflächigen Rutschbewegungen in der KW 24 eingesetzt haben und bis in die KW 33 anhielten. Ab

dem 17.08.2021 (KW 33) konnten keine größeren Rutschungen mehr festgestellt werden.

Die Auswertung der Prismen-Scans zeigte im Bereich oberhalb der eigentlichen Rutschung hangabwärts gerichtete Bewegungen von bis zu 10 cm. Diese können mit dem flächenhaften Scan-Verfahren aufgrund der flachen Aufnahmegeometrie nicht signifikant detektiert werden.

Es ist geplant das automatische permanente Geomonitoring im Jahr 2022 nach dem Ausapern des Untersuchungsgebiets weiterzuführen. Aus oben genanntem Grund ist für die Überwachung im Jahr 2022 zudem geplant weitere Prismen im oberen Bereich der Rutschung anzubringen und diese stündlich zu überwachen. Des Weiteren ist die automatische Auswertung der 3D-Bewegung der Prismen geplant (derzeit wird nur die Längenänderung betrachtet).

Satellitenradar- und Drohnendaten für das Monitoring von Hangdeformationen

ao. Prof.in Dr.in Anne Hormes[1], Filippo Vecchiotti[2],
Christian Demmler[1], Marc Adams[3]

[1] Sky4geo, ah@sky4geocom,

[2] Geologische Bundesanstalt, Ingenieurgeologie, filippo.vecchiotti@geologie.ac.at,

3 Bundesforschungszentrum für Wald, Schnee und Lawine, marc.adams@bfw.gv.at

---

Räumliche Zeitreihenanalyse für die Gefahrenanalyse von Großhangbewegungen und Felsgleitungen

Für die Bewertung des Versagens- und Gefährdungspotentials einer Hangdeformation ist die Kenntnis der durchschnittlichen Deformationsrate auch retrospektiv von enormer Bedeutung, um Beschleunigungsphasen zu erkennen. Eine Beschleunigung kann ein Vorzeichen für ein bevorstehendes Hangversagen sein. Im Rahmen des Vigilans-Projekts wurden methodische Arbeitsabläufe entwickelt, um mit Satellitenradar und Drohnenphotogrammetrie räumliche 2D Zeitreihen zu analysieren. Satellitengestützte Radarinterferometrie (InSAR) erlaubt Bewegungsraten von mm-cm/Jahr zwischen zwei Satellitenbefliegungen zu erfassen und erlaubt einen großflächigen Überblick, welche Hänge sich mit welcher Geschwindigkeit in welche Richtung bewegen. Im Rahmen des Vigilans-Projekts wurden Sentinel-1-Daten von 2017-2019 und Envisat-Daten von 2004-2010 in vier Demonstrationsgebieten im Tiroler Oberland, im Innsbruck Land zwischen Wattens und Navis, Osttirol und in Saalbach-Hinterglemm analysiert. In kleineren Demonstrationsgebieten wurden TerraSAR-X-Daten aus den Jahren 2014-2017 ausgewertet. Die InSAR-Ergebnisse wurden mit Triangulationspunktdaten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV) sowie mit vorhandenen automatischen Tachymeter-, GNSS-, Laserscan- und Extensometerdaten der Wild-

bach- und Lawinenverbauung, der Abteilung für Geoinformatik der Tiroler Landesregierung, der Universität Innsbruck und der BOKU validiert.

In Saalbach-Hinterglemm und Osttirol konnten wir unsere S1- und TSX-MSBAS-Ergebnisse auch mit dem SqueeSAR-Produkt vergleichen, das in der SAGIS-Webanwendung (SAGIS-InSAR-Website) zur Verfügung gestellt wird.

2D Bewegungsraten und -vektoren mit wiederholten Drohnenflügen

Die aktive Hangdeformation Marzellkamm (~1 km²) liegt auf >2.500 m ü.d.M. im oberen Venter Tal, Tirol. Durch den Rückzug des Marzellfernergletschers und reaktivierte tektonische Störungen entstand eine gekrümmte Gleitfäche mit einem Gesamtvolumen von 13 Mio. m^3 mit mittleren Geschwindigkeiten von bis zu 1 m/Jahr. Diese Geschwindigkeitsraten dienten als Validierungsdaten für unsere neu entwickelte Methode, die wiederholte Photogrammetrie mit unbemannten Luftfahrtsystemen (UAS-P) und Feature Tracking zur Rekonstruktion von Oberflächenverschiebungsvektoren und Geschwindigkeiten für die Jahre 2018 – 2020 verwendet.

Der Standort wurde seit 2013 von alpS/BOKU mit zahlreichen geodätischen Feldvermessungen (Tachymetrie und GNSS) sowie historischen und Fernerkundungstechniken (z. B. LiDAR und Photogrammetrie) überwacht. Wir haben im August 2018 1.366 UAS-Bilder und im August 2019 1.202 Bilder mit einer DJI Phantom 4 und 4 RTK, im Jahr 2020 fast 2.000 Luftbilder mit zwei Mavic Pro mit/ohne PPK aufgenommen. Die verfügbaren In-situ-Daten und weitere Vermessungen mehrerer permanenter GCPs im Zielgebiet ermöglichten es, dieses Bild durch UAV-P-Ergebnisse weiter zu entwickeln. Die Deformationskarten wurden für die folgenden Zeitschritte berechnet: 2018 bis Juni 2019, Juni 2019 bis 2020 und 2018 bis 2020. Die Verschiebungsvektoren zwischen 2018 und 2019 deuten auf plausible Oberflächenverschiebungen für das aktivste Teilgebiet mit Geschwindigkeiten von 0,21-0,7 ±0,05 m/Jahr hin und stehen in hervorragender Übereinstimmung mit TLS-, GNSS- und Extensometer-Messungen, die für den Zeitraum 2012-2019 Verschiebungs-

raten von 0,2-0,3 m/Jahr angeben (Rechberger et al. 2021). UAS-P Daten zeigen Oberflächenverschiebungsraten von 0,14-0,23 ±0,05 m/Jahr für dieses Teilgebiet. Auch hier stimmen die TLS-Messungen mit Geschwindigkeiten von 0,05-0,25 m/Jahr überein. Die UAS-P-Methode weist eine hohe, anhand von Kontrolldaten validierte Genauigkeit auf, mit einer unteren Nachweisgrenze von 0,05 m/Jahr.

Falls Sie Interesse an den ausführlichen Resultaten des Vigilans-Projektes haben, können Sie die Vorträge des Vigilans Workshops vom Juni 2021 auf Youtube ansehen:

https://www.youtube.com/playlist?list=PLv7GeGCfcDbMtTTjGR_OZoNKd0WC70b38

Autorenangaben

ao. Univ.-Prof.^{in} Dr.^{in} Anne Hormes
Sky4geo
Planötzenhofstraße 29b, 6020 Innsbruck
ah@sky4geo.com

MSc. Filippo Vecchiotti
Geologische Bundesanstalt, Ingenieurgeologie
Neulinggasse 38, 1030 Wien
filippo.vecchiotti@geologie.ac.at

Christian Demmler
Sky4geo
Planötzenhofstraße 29b, 6020 Innsbruck
christian.demmler@sky4geo.at

MSc. Marc Adams
Bundesforschungszentrum für Wald, Institut für Naturgefahren
Rennweg 1, 6020 Innsbruck
Marc.adams@bfw.gv.at

Die Bedeutung der Klassifizierung von Massenbewegungen

Priv.-Doz. DI Dr.techn. Alexander Preh,
Ao. Univ.-Prof.i.R. DI Dr.techn. Rainer Poisel
Institute of Geotechnics, Vienna University of Technology,
alexander.preh@tuwien.ac.at

1 Einleitung

Eine Klassifizierung von Massenbewegungen (Poisel & Preh 2004, Hungr et al. 2014, u.a.) ist ein Katalog von Möglichkeiten. Die Zuordnung zu bestimmten Klassen (zu verschiedenen physikalischen Prozessen, aus denen sich mechanische Modelle ergeben) erfolgt bei Hangbewegungen mittels Gefügemerkmalen, mechanischen Eigenschaften, (Bruch-)Strukturen usw.

Zweck dieser Klassifizierung ist die Erkennung des physikalischen Prozesses (Mechanismus). Das Erkennen des maßgeblichen Mechanismus einer Hangbewegung muss die Grundlage sein für

- die Wahl des korrekten mechanischen Modells zur Analyse und Modellierung der Hangbewegung,
- das Monitoring (welche Größe muss wo gemessen werden?) und der Interpretation der Monitoring Ergebnisse,
- die Risikobewertung und
- den Entwurf von Maßnahmen zur Erhöhung der Stabilität und zur Warnung.

2 Bedeutung der Erkennung des physikalischen Prozesses

2.1 Realitätsnahe Beurteilung der Standsicherheit

Der physikalische Prozess (Mechanismus) hat einen großen Einfluss auf die Ergebnisse von Standsicherheitsuntersuchungen.

Die unruhige Morphologie der in Bild 1 (Poisel et al. 2007) dargestellten Bergflanke sowie die frischen Anbrüche am Fuß der Flanke lassen darauf schließen, dass sie in Bewegung beziehungsweise im Grenzgleichgewicht ist. Untersuchungen (Poisel 1986) haben gezeigt, dass die für das Grenzgleichgewicht erforderliche Gebirgsfestigkeit bei Annahme einer Rotationsgleitung als Versagensmechanismus wesentlich geringer ist als bei Annahme des Kippens von Großkluftkörpern als Versagensmechanismus.

Bei Vorhandensein eines für Kippen erforderlichen Trennflächengefüges (vor allem steil in den Hang einfallende Klüfte mit hohem Durchtrennungsgrad) ist daher Kippen als Versagensmechanismus wesentlich wahrscheinlicher.

Tatsächlich fällt die Schieferung des Phyllits, der die in Bild 1 dargestellte Flanke aufbaut, steil in den Hang ein, und im oberen Hangbereich sind die in Bild 2 dargestellten Strukturen zu erkennen. Dieses Sägezahnprofil ist charakteristisch für den Kippmechanismus (vgl. Bild 3(b)).

Mit den für das Grenzgleichgewicht gegenüber Kippen erforderlichen Festigkeitsparametern (das heißt Standsicherheit gegenüber Kippen ist 1,0) ergibt sich bei Annahme einer Rotationsgleitung ein globaler Standsicherheitsfaktor von 1,3. Dieses Beispiel zeigt, dass Standsicherheitsfaktoren bei gleicher Hanggeometrie und gleichen Festigkeitsparametern in Abhängigkeit vom Versagensmechanismus stark voneinander abweichen können.



Bild 1: Massenbewegung im Südhang der Weißen Wand bei Lappach (Südtirol, Italien). (Poisel et al. 2007).



Bild 2: Westlicher Karboden im Südhang der Weißen Wand. (Poisel et al. 2007)

2.2 Entwurf des richtigen Beobachtungsprogramms (Monitoring)

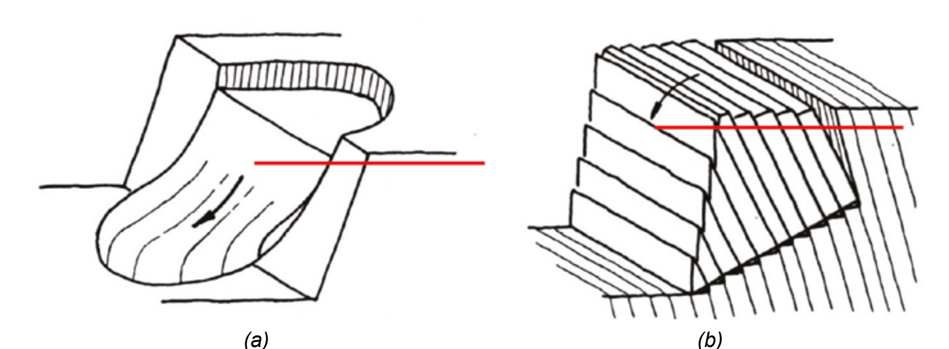


Bild 3: Gegenüberstellung des Rotationsversagens (a) und des Kippversagens (b) im Kontext mit Extensometermessungen (rote Linie)

Bild 3(b) zeigt schematisch das Kippversagen eines Hangs. Bei diesem Mechanismus kommt es zwischen dem unbewegten Hinterland der Hangbewegung und dem ersten von der Hangbewegung erfassten Kluftkörper zur Bildung einer V-förmigen Spalte („Bergzerreißung"), und die Verschiebungsvektoren im oberen Hangbereich fallen flach ein.

Im Gegensatz dazu sind die Verschiebungsvektoren im oberen Hangbereich beim Gleiten eines Bruchkörpers auf einer muschelförmigen, neu gebildeten Gleitfläche (Rotationsgleitung, „Gleitkreis"; Bild 3(a)) steil, und es bildet sich eine Abschiebung. Der Einbau eines mehr oder weniger horizontalen Stangenextensometers im oberen Hangbereich ist daher im Fall des Kippens von Kluftkörpern sinnvoll, weil die Hauptverschiebungskomponenten parallel zur Richtung des Extensometers verlaufen und damit erfasst werden können. Im Fall einer Rotationsgleitung sind die Verschiebungskomponenten parallel zum Extensometer äußerst gering und nicht charakteristisch für die Bewegung.

2.3 Bewertung der Gefahr und des Risikos

Zur Einschätzung der von Talflanken ausgehenden Gefahr ist es einerseits erforderlich, den Ablösemechanismus und das Volumen des Abbruchs zu bestimmen und andererseits muss die Reichweite des dem Abbruch folgenden Auslaufprozesses prognostiziert werden. Ablösung und Auslauf (runout) sind miteinander gekoppelte Prozesse (Prozesskette).

Zweckmäßigerweise sollte daher bei der Klassifizierung von Massenbewegungen zwischen

- Mechanismen, die zu großen Hangverformungen ohne Ablösung führen,
- Ablösungsmechanismen und
- Auslaufmechanismen

unterschieden werden.

Diese Unterscheidung ist auch erforderlich, da kein verlässliches Universalmodell existiert, welches die teilweise sehr unterschiedlichen Prozesse der Ablösung und des Auslaufens (runout) zuverlässig abbilden kann. Derzeit gibt es nur wenige Berechnungsansätze, welche in der Lage sind, die initiale Ablösung (entsprechend dem vorherrschenden Versagensmechanismus) und den folgenden Auslaufprozess in einem einzigen Berechnungsdurchlauf zu behandeln (z.B. Stead & Coggan 2006). Solche Simulationen sind sehr aufwendig und besitzen noch einen experimentellen Charakter.

Beispiel Valsertal:
In Vals (Tirol/Österreich) ereignete sich am 24. Dezember 2017 ein Felssturz mit einem Abbruchvolumen von rund 117.000 m^3. Er zerstörte Teile der Valser Landesstraße L230 und verfehlte nahe gelegene Häuser nur knapp (Bild 4).



Bild 4: Felssturz Vals, Abbruchvolumen ca. 117.000m³, max. Sturzhöhe ca. 360 m (Preh et al. 2020)

Der Ablösemechanismus beim Fallbeispiel Valsertal ist ein von den Trennflächen dominiertes Keilversagen (Poisel & Preh 2004). Ohne Kenntnis des physikalischen Prozesses der Ablösung ist die Wahl des korrekten mechanischen Modells und eine genauere Bestimmung des Ablösevolumens nicht denkbar. Das Bild 5 zeigt die Analyse des Hangversagens durch eine diskontinuumsmechanische Berechnung mithilfe der Diskreten Elemente Methode DEM (Cundall & Strack 1979).

Das Ablösevolumen (Sturzvolumen) wiederum bestimmt den Prozess des Auslaufens maßgeblich mit. Abhängig vom Ablösevolumen, vom Fragmentierungsgrad der Ablösemasse und der Beschaffenheit der Sturzbahn ist bei Felsböschungen und Talflanken zwischen den Auslaufprozessen (Sturzprozessen) Steinschlag, Felssturz und Felslawine zu unterscheiden.

Aufgrund des hohen Fragmentierungsgrades der Ablagerungen muss man beim Massensturz Vals eher von einer Felslawine als von einem Felssturz sprechen. Beim Prozess der Felslawine spielt die Interaktion der einzelnen Komponenten eine wichtige Rolle. Daher wurde zur Rückrechnung und Prognose ein DEM-Code gewählt, der Block-Block-Interaktionen berücksichtigen kann. Bild 5 zeigt eine Rückrechnung des Auslaufs der Sturzmasse mithilfe des DEM-Codes PFC3D (Itasca Consulting Group).

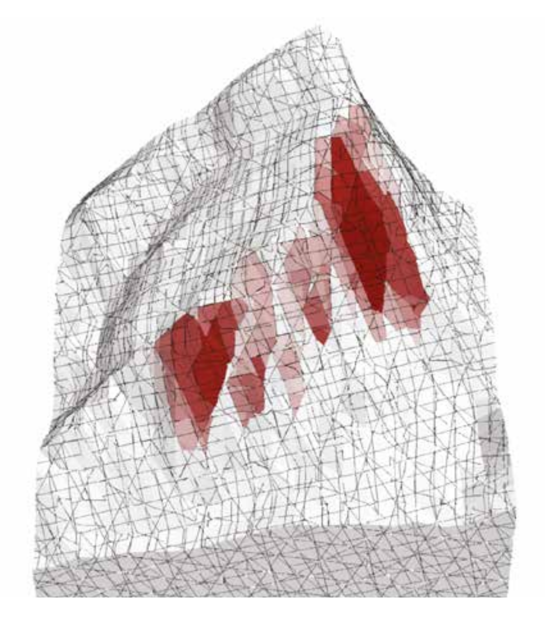


Bild 5: Rückgerechnetes Keilversagen mithilfe eines DEM-Modells (Starrkörper), rote Blöcke zeigen Verschiebungen >= 1m (Preh et al. 2022)

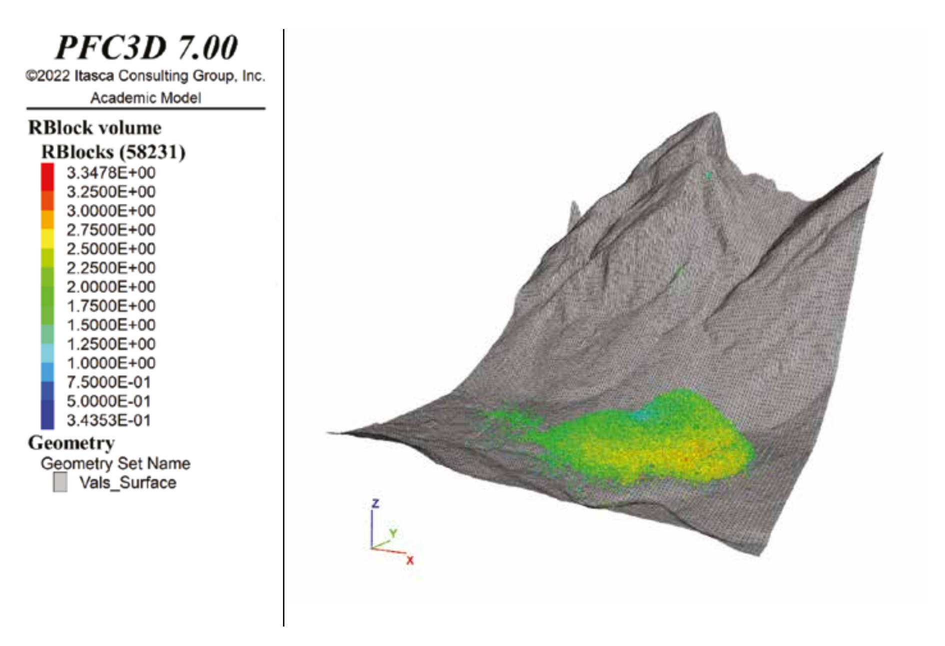


Bild 6: Rückgerechneter Auslauf der Ablösemasse mithilfe der Diskreten Elemente Methode (Computercode PFC, Itasca Consulting Group)

3 Schlussfolgerungen

Wir benötigen einen Katalog von Versagensmechanismen um

- geeignete und effiziente Beobachtungsprogramme entwerfen zu können,
- die Standsicherheit korrekt beurteilen zu können,
- die vom Prozess ausgehende Gefahr realitätsnah abschätzen zu können und
- Monitoringdaten richtig interpretieren und Verschiebungen realitätsnah prognostizieren zu können.

Dazu ist es erforderlich, klar zwischen Mechanismen des Abbruchs und des Auslaufs zu unterscheiden und nur Mechanismen zu akzeptieren, für die ein klares mechanisches Modell existiert.

4 Literatur

Hungr O, Leroueil S, Picarelli L (2014) The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides 11:167-194 doi:10.1007/s10346-013-0436-y

Cundall PA, Strack ODL (1979) A discrete numerical model for granular assemblies. Geotechnique 29:47–65

Poisel R, Preh A (2004) Rock slope initial failure mechanisms and their mechanical models. Felsbau 22:40–45

Poisel R, Preh A, Zettler AH (2007) Versagensmechanismen von Talflanken und Böschungen. – Grundlage für das Beobachtungsprogramm und für die Auswertung und Interpretation von Messergebnissen. Felsbau 25:74–75.

Poisel, R (1986) Geologische Grundlagen geomechanischer Rechenmodelle. Felsbau 4:178–183.

Preh A, Mölk M, Illeditsch M (2020) Steinschlag und Felssturz. in: ExtremA 2019. Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich; T. Glade, M. Mergili, K. Sattler (Hrg.); herausgegeben von: Vienna University Press; V&R unipress, Vandenhoeck & Ruprecht Verlage, Göttingen, 2020, (eingeladen), ISBN: 978-3-8471-1092-7, S. 425–459.

Preh, A., Illeditsch, M., & Sausgruber, J. T. (2022). Diskrete vs. verschmierte Modellierung von Felswänden oder wo sind die Anwendungsgrenzen des HB-Kriteriums. In H. Konietzky (Ed.), 51. Geomechanik-Kolloquium Tagungsbeiträge (pp. 129–143). Veröffentlichungen des Instituts für Geotechnik der TU Bergakademie Freiberg. http://hdl.handle.net/20.500.12708/141983

Stead D Coggan JS (2006) Numerical modelling of rock slopes using total slope failure approach. In S. G. Evans, G. Scarascia Mugnozza, A. L. Strom, and R. L. Hermanns, editors, “Landslides from Massive Rock Slope Failure,” volume 49 of NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, pages 129–138. Springer Netherlands.

Anatomie und Mechanik der Vögelsberg-Rutschung (Wattental, Tirol)

Mag.[a] Dr.[in] Daniela Engl
Wildbach- und Lawinenverbauung, Fachzentrum Geologie und Lawine, Innsbruck
daniela.engl@die-wildbach.at

Am Vögelsberg, Gemeinde Wattens (Tirol), ist ein rund 20 Hektar großes Gebiet im Siedlungsraum in Bewegung. Betroffen sind neben landwirtschaftlichen Flächen acht Wohngebäude, mehrere landwirtschaftliche Wirtschafts- und Nebengebäude sowie das Feuerwehrhaus Vögelsberg. Darüber hinaus queren die Gemeindestraße und diverse Leitungen das Gebiet.

Schäden an Gebäuden sind seit längerem bekannt; diese wurden von den Eigentümern zunächst auf schlechte Fundierungen zurückgeführt. Nachdem zwei im Jahr 2013 fertiggestellte Neubauten innerhalb weniger Jahre ebenso fortschreitende Schäden aufwiesen, wurde die Wildbach- und Lawinenverbauung zwecks Beurteilung der Situation beigezogen. Mittels Geländeaufnahme, Auswertung von Fernerkundungsdaten, Untergrunderkundung und Monitoring konnten die Hangbewegungen (nachfolgend Vögelsberg-Rutschung genannt) verifiziert und im Detail charakterisiert werden.

Die Vögelsberg-Rutschung setzt sich aus zwei sich überschneidenden Rutschkörpern unterschiedlichen Alters und Versatzausmaßes zusammen. Aus der räumlichen Überschneidung dieser Rutschkörper resultieren drei Teilschollen, welche unterschiedliche Aktivitäten zeigen. Die größte Aktivität weist die nordwestliche Teilscholle auf, die geringste Aktivität verzeichnet die südöstliche Teilscholle. Die mittlere Teilscholle nimmt hinsichtlich ihres Bewegungsverhaltens eine Mittelstellung ein.

Schäden an Gebäuden und Infrastruktur treten vor allem an den internen Teilschollengrenzen sowie nahe der Außengrenze der Rutschung auf.

In der mittleren Teilscholle kommt es, bedingt durch ihre Zwischenstellung, zu einer Torsion des Untergrundes im Uhrzeigersinn und zu entsprechenden Schadensbildern.

Die Bewegungsaktivität der Vögelsberg-Rutschung korreliert mit dem Grundwasserhaushalt des Hanges. Entwässerungsmaßnahmen sind nicht unmittelbar möglich, da die Wasserversorgung der einzelnen Gebäude über private Einzelwasserversorgungsanlagen (Hausquellen) bewerkstelligt wird, welche ihrerseits vom örtlichen Grundwasser gespeist werden.

Autorenangabe

Dr. Daniela Engl
Wildbach- und Lawinenverbauung
Fachbereich Geologie und Lawine
Wilhelm-Greil-Strasse 9
A-6020 Innsbruck
daniela.engl@die-wildbach.at









Technische Daten

Multifrequenz Sensoren (L1, L2, L5) mit GPS, Glonass, Galileo und Beidou mit Schutzgehäuse und Transformator (230V/12V)

Gewicht	HAWK 1.9kg COLIBRI 1.4kg
Stromverbrauch	HAWK 0.9A COLIBRI 0.4A
Kanäle	HAWK336 COLIBRI 432
Internet	Internes Modem
Neigungssensor	optional (nur HAWK)

Genauigkeit HAWK
horizontal: +/-1.0mm / 24h*
vertikal: +/-2.5mm / 24h*

Genauigkeit COLIBRI
horizontal: +/-1.0mm / 24h*
vertikal: +/-2.5mm / 24h*

*Die Genauigkeit hängt von Umgebung, Messdauer und den Abdeckungen ab.

Voraussetzung 3G -Mobilfunk



COLIBRI



HAWK

VISION
Weltweit führend in der Echtzeit-Überwachung jeglicher Hangbewegungen in natürlichen Landschaften oder von Infrastrukturbauten.

Mission
Sicurent hat die globalste innovativste Lösung zur frühzeitigen Gefahrenerkennung, um Menschen vor potenziellen Risiken zu schützen.

Mehrwert
Datenanalyse in Echtzeit ohne Post-Processing. Die Hard- & Software liefert sehr hohe Genauigkeit im Millimeterbereich. App and Web mit Plug and Play.





SICURENT GmbH – Ihr kompetenter Partner für Überwachungsmessungen
Oberer Graben 37 | CH-9000 St.Gallen | T +41 (0)71 220 99 74 | info@sicurent.com | www.sicurent.com | UID CHE-374.742.509


ISBN 978-3-99106-097-0
9 783991 060970